

# **Diseño y construcción de una embarcación de practica de 12,5 metros de eslora propulsada con motores IPS**

**Treball Final de Grau**



Facultat de Nàutica de Barcelona  
Universitat Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:  
**Sergi Muñoz de Ramon**

Dirigido por:  
**Jordi Torralbo Gavilan**

Grau en Enginyeria en Sistemes y Tecnologia Naval

Barcelona, 10 d'octubre del 2018

Departament de Ciència i Enginyeria Nàutiques



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Facultat de Nàutica de Barcelona









---

# Resumen

El presente proyecto, Diseño y construcción de una embarcación de practica de 12,5 metros de eslora propulsada con motores IPS, partirá de un plano de formas del casco de una embarcación de 12,5 metros de eslora, a partir del cual se creará un casco 3D para exportarlo a otros programas de arquitectura naval, donde se analizará la embarcación.

Se estudiarán las características comunes de estas embarcaciones y las normativas necesarias para efectuar un proyecto de nueva construcción, donde incluirá cálculos de estructura, arqueo, hidrostáticos, pesos, centros de gravedad, estabilidad, propulsión, autonomía, etc.

Con programas 2D se realizará la disposición general, ubicación de los refuerzos y el diseño de los varios sistemas que dotaran a la embarcación. Los sistemas que estudiaremos serán el de ventilación, refrigeración, combustible y exhaustación, eléctrico, achique y contra incendios.

Analizaremos los materiales de refuerzo, composiciones de laminado de fibra de vidrio, procesos de construcción, montaje y equipos de la embarcación.

También habrá un apartado de la gestión del proyecto en función de proveedores, presupuestos y la planificación secuencial para la construcción de la lancha de practica. Una vez terminado el proyecto de construcción se realizarán pruebas de estabilidad teóricas y prácticas.

Por último, se estudiarán las condiciones de trabajo del sistema de propulsión IPS, para conocer sus ventajas.

# Abstract

The current project, design and construction of a pilot boat of 12.5 meters in length propelled with IPS engines, of a shape plane of the hull of a boat of 12.5 meters in length, from which a 3D model is created to be able to export to other naval architecture programs, where the boat will be analyzed.

The common characteristics of these vessels and the necessary regulations will be included to carry out a new construction project, which will include the calculation of structure, tonnage, hydrostatic, weight, centers of gravity, stability, propulsion, autonomy, etc.

With 2D programs, the general disposition, the location of the reinforcements, the design of several systems that will equip the vessel will be made.

The systems that will be studied will be the following: ventilation, refrigeration, fuel and exhaust, electric, bilge and fire protection.

Analyze the reinforcement materials, the fiberglass laminate compositions, the construction processes, the assembly and the equipment of the vessel. We also have a section on Project management in the function of suppliers, budgets and sequential planning for the construction of the pilot boat.

Once the construction Project is finished, theoretical and practical stability tests will be carried out.

Finally, the working conditions of the IPS propulsion system are studied to know its advantages.

---

# Tabla de contenidos

RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
TABLA DE CONTENIDOS	V
LISTADO DE FIGURAS	VII
LISTADO DE TABLAS	XI
<b>1.INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. QUE ES EL PRACTICAJE Y A QUE BUQUES SE APLICA	3
1.2. TRABAJOS DESARROLLADOS POR LAS EMBARCACIONES DE PRACTICAJE	4
1.3. NORMATIVA APLICABLE A LOS TRABAJOS DE PRACTICAJE	6
1.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS EMBARCACIONES DE PRACTICAJE	9
<b>2. NORMATIVA APLICABLE PARA LA CONSTRUCCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA EMBARCACIÓN</b>	<b>14</b>
3.1. DISPOSICIÓN GENERAL	14
3.2. ARQUEO	17
3.3. FORMAS	23
3.4. DOTACIÓN	25
3.5. DISEÑO Y UBICACIÓN DE LOS REFUERZOS	26
3.6. CÁLCULOS HIDROSTÁTICOS DEL CASCO	28
3.7. CÁLCULOS ESTRUCTURALES DEL CASCO	30
3.8. CÁLCULOS ESTRUCTURALES DE LOS REFUERZOS	34
3.9. MATERIALES DE REFUERZO	37
3.10. COMPOSICIÓN DEL LAMINADO	39
3.11. CÁLCULO DE PESOS DE ESTRUCTURA	45
3.12. PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN	48
3.13. MONTAJE FINAL	56
<b>4. EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS</b>	<b>59</b>
4.1. DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN	59
4.2. DISEÑO SISTEMA DE VENTILACIÓN Y REFRIGERACIÓN	62
4.3. SISTEMA DE ACHIQUE Y SERVICIO CONTRA INCENDIOS	65
4.4. DISEÑO SISTEMA ELÉCTRICO	67
4.5. SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y EXHAUSTACIÓN/ESCAPE	71
4.6. EQUIPOS	72

<b>5. GESTIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>75</b>
5.1. PROVEEDORES Y SERVICIOS	75
5.2. PRESUPUESTOS	76
5.3. PLANIFICACIÓN SECUENCIAL	79
<b>6. ESTUDIO TÉCNICO</b>	<b>84</b>
6.1. PRUEBAS DE ESTABILIDAD Y NAVEGACIÓN	84
6.2. AUTONOMÍA	96
<b>7. VENTAJAS DE LOS MOTORES IPS</b>	<b>98</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>101</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>102</b>
<b>ANNEXO</b>	<b>104</b>

---

# Listado de Figuras

Ilustración 1. La lancha de practica se abarboa para el embarque del práctico.....	4
Ilustración 2. Trabajos realizados por las embarcaciones de Practicaje.....	5
Ilustración 3. Normativas aplicables al Servicio de Practicaje.....	6
Ilustración 4. Lancha practica Tarifa: defensas en amura estribor.....	9
Ilustración 5. Cubierta embarcación DENEBO.....	10
Ilustración 6. Interior puente: agarraderos.....	10
Ilustración 7. JasonCradle.....	10
Ilustración 8. Características principales de las embarcaciones de Practicaje .....	11
Ilustración 9. Disposición General P12 NASAI IPS.....	14
Ilustración 10. Disposición bodega P12 NASAI IPS.....	15
Ilustración 11. Disposición Cubierta P12 NASAI IPS.....	15
Ilustración 12. Disposición Perfil P12 NASAI IPS.....	16
Ilustración13.Resultados estudio hidrostático. ....	18
Ilustración 14. Referencias tomadas del casco en Maxsurf.....	19
Ilustración 15. Sección 3 del Plano de Arqueo con valores de semimangas e intervalos.....	20
Ilustración 16. Plano de Arqueo .....	21
Ilustración 17. Comparativa de los resultados de arqueado por el método GT y TRB.....	22
Ilustración 18. Formas del casco y líneas auxiliares mediante Rhinoceros.....	23
Ilustración 19. Creación de superficies de la embarcación P12 NASAI mediante Rhinoceros.....	23
Ilustración 20. Análisis de curvatura mediante Rhinoceros.....	24
Ilustración 21 Distribución asientos en el puente, vista de estribor.....	25
Ilustración 22. Distribución asientos en el puente, vista de proa.....	25
Ilustración 23 Disposición interior camarote .....	25
Ilustración 24. Mamparo y refuerzos de la P12 NASAI IPS .....	26
Ilustración 25. Refuerzos transversales.....	27
Ilustración 26. Espesor mínimo de laminado para cada elemento.....	33
Ilustración 27. Parámetros que influyen en el cálculo de la estructura.....	33
Ilustración 28. Resultado del módulo mínimo para cada refuerzo.....	36
Ilustración 29. Parámetros que influyen en el cálculo de los módulos de los refuerzos.....	36

Ilustración 30. Mat (todas direcciones), a -45°/45° y unidireccional, respectivamente.....	37
Ilustración 31. Tiempos de curación generales de la resina.....	38
Ilustración 32. Secuencia de laminado de los refuerzos mediante el programa Composeit.....	40
Ilustración 33. Espesor y densidad del laminado de los refuerzos mediante Composeit.....	40
Ilustración 34. Perfil de un refuerzo con datos para realizar el cálculo del módulo.....	40
Ilustración 35. Perfil y medidas del refuerzo O-80.60.7.....	41
Ilustración 36. Perfil y medidas del refuerzo O-100.70.7.....	41
Ilustración 37. Perfil y medidas del refuerzo O-300.200.7. ....	43
Ilustración 38. Secuencia de laminado de fondo.....	45
Ilustración 39. Espesor y densidad del laminado de fondo. Fuente propia.....	45
Ilustración 40. Secuencia de laminado de los refuerzos.....	46
Ilustración 40-1. Espesor y densidad del laminado de los refuerzos.....	46
Ilustración 41. Cálculo del peso total del laminado estructural.....	47
Ilustración 42. Molde tipo on-off.....	48
Ilustración 43. Molde de fibra de vidrio reforzado.....	48
Ilustración 44. Rodillos metálicos para sacar burbujas de aire en el proceso de laminado.....	49
Ilustración 45. Tela Peelply.....	49
Ilustración 46. Malla distribuidora de resina para infusión.....	50
Ilustración 47. Elementos y proceso del laminado por infusión.....	51
Ilustración 48. Colocación de los refuerzos y mamparos sobre el casco.....	51
Ilustración 49. Momento del desmoldeo del casco.....	52
Ilustración 50. Reparación del casco postdesmoldeo.....	52
Ilustración 51. Colocación fibras y refuerzos previos a la infusión.....	53
Ilustración 52. Expansión de la resina en el proceso de infusión.....	53
Ilustración 53 Chapa de sujeción de la bita.....	53
Ilustración 54. Bita fijada en cubierta.....	53
Ilustración 55. Puente de la embarcación P12 NASAI IPS recortada para la colocación de cristales.....	54
Ilustración 56. Ensamblaje de capas de laminado en zonas de solape.....	55
Ilustración 57. Rodillos Planta alzado y perfiles del tanque de combustible.....	55
Ilustración 58. Bancada de los motores con las gomas anti vibraciones .....	56
Ilustración 59. Lana de roca.....	57
Ilustración 60. Arco de radar para la colocación de bocina, radar y luces.....	57

Il·lustració 61. Antideslizante de cubierta de la embarcación Bellatrix.....	58
Il·lustració 62. Modelo embarcación P12 NASAI IPS.....	58
Il·lustració 63. Transición de la potencia producida por el motor a la hélice.....	59
Il·lustració 64. Potencia necesaria para que la embarcación alcance una cierta velocidad calculada mediante Maxsurf.....	60
Il·lustració 65 Entrada de aire para ventilación de la sala de máquinas en proa del puente.....	62
Il·lustració 66. Entrada de aire para ventilación de la sala de máquinas en popa del puente.....	62
Il·lustració 67. Recorrido del aire para ventilación de sala de máquinas.....	63
Il·lustració 68. Toma de mar de la embarcación Bellatrix.....	64
Il·lustració 69. Interruptor, bomba de achique y alarma de achique, respectivamente.....	65
Il·lustració 70. Bomba manual tipo GusherTitan.....	65
Il·lustració 71. Boca de la manguera CI.....	66
Il·lustració 72. Extintor en el interior del puente.....	66
Il·lustració 73. Baterías de servicio diario .....	67
Il·lustració 74. Cuadro eléctrico .....	68
Il·lustració 75. Posición de las luces en el puente.....	69
Il·lustració 76. Toma de corriente en la popa del puente.....	70
Il·lustració 77. Colector de llenado de combustible.....	71
Il·lustració 78. Escape de los motores IPS.....	71
Il·lustració 79. Plotter sonda.....	72
Il·lustració 80. Radioteléfono.....	73
Il·lustració 81. Radar.....	73
Il·lustració 82. Panel de control embarcación P12 NASAI IPS.....	73
Il·lustració 83. Diagrama de Gant de la planificación secuencial del proceso de construcción.....	80
Il·lustració 84. Diagrama de Gant de la planificación secuencial del proceso de construcción.....	81
Il·lustració 85. Diagrama de Gant de la planificación secuencial del proceso de construcción.....	83
Il·lustració 86. Grafica de la curva Gz .....	87
Il·lustració 87. Grafica de la curva Gz .....	91
Il·lustració 88. Plomada utilizada para realizar la prueba de estabilidad .....	94
Il·lustració 89. Embarcación P12 NASAI escorada a causa del peso escorante utilizado en la prueba de estabilidad.....	95
Il·lustració 90. Revoluciones a las que trabaja el motor para cada potencia entregada.....	96

Ilustración 91. Litros horas consumidos por el motor para las revoluciones de trabajo.....	97
Ilustración 92. Condición en la que trabaja la hélice sobre el fluido .....	98
Ilustración 93. Motores Volvo Penta IPS 450. Fuente propia .....	99
Ilustración 94. Dirección de navegación de la embarcación perpendicular a la eslora gracias al sistema IPS.....	100



---

# Listado de Tablas

Tabla 1. Cálculo de áreas mediante el método de simpson de las secciones .....	21
Tabla 2. Cálculo de volumen del casco mediante las áreas de las secciones. Fuente propia .....	22
Tabla 3.Resultado de cálculos hidrostáticos mediante el programa MAXSURF. Fuente propia .....	29
Tabla 4. Cálculo del módulo mínimo para los refuerzos. Fuente propia.....	36
Tabla 5. Espesor de proyecto y secuencia de laminado para cada elemento estructural. Fuente propia	39
Tabla 6.Cálculos para la obtención del módulo del refuerzo O-80.60.7. Fuente propia .....	41
Tabla 7.Cálculos para la obtención del módulo del refuerzo O-100.70.7. Fuente propia .....	42
Tabla 8.Cálculos para la obtención del módulo del refuerzo O-300.200.7. Fuente propia .....	43
Tabla 9. Designación de dimensiones de cada refuerzo para cada elemento estructural. Fuente propia	44
Tabla 10. Cálculo del peso de laminado de los elementos estructurales. Fuente propia .....	46
Tabla 11.Cálculo del peso de laminado de los refuerzos. Fuente propia.....	47
Tabla 12. Cálculo del desplazamiento de la embarcación. Fuente propia .....	60
Tabla 13. Motores y características de Volvo Penta IPS. Fuente Volvo Penta IPS .....	61
Tabla 14. Proveedores más relevantes para la construcción de la P12 NASA IPS en Tarragona. Fuente propia .....	75
Tabla 15. Cálculo presupuesto para casco y cubierta. Fuente propia.....	76
Tabla 16. Cálculo presupuesto superestructura. Fuente propia .....	76
Tabla 17. Cálculo presupuesto de acondicionamientos. Fuente propia .....	77
Tabla 18. Cálculo presupuesto de la instalación del sistema de propulsión. Fuente propia .....	77
Tabla 19. Cálculo presupuesto de los asientos. Fuente propia .....	77
Tabla 20. Cálculo presupuesto equipos electrónicos. Fuente propia .....	77
Tabla 21.Cálculo presupuesto salvamento. Fuente propia .....	78
Tabla 22.Cálculo presupuesto fondeo, amarre y varios. Fuente propia .....	78
Tabla 23. Cálculo del presupuesto total de la embarcación. Fuente propia.....	78
Tabla 24. Planificación secuencial del proceso de construcción. Fuente propia .....	79
Tabla 25. Planificación secuencial del proceso de construcción. Fuente propia .....	81
Tabla 26. Planificación secuencial del proceso de construcción. Fuente propia .....	83
Tabla 27. Valores mínimos para el cumplimiento de estabilidad teórica. Fuente RD 543/2007.....	84
Tabla 28. Cálculo del centro de gravedad para la embarcación en rosca. Fuente propia .....	85

Tabla 29. Cálculo del centro de gravedad para la condición A. Fuente propia.....	86
Tabla 30. Tabla de resultados en el análisis Largeanglestability. Fuente propia .....	87
Tabla 31. Resultados del análisis de estabilidad mediante el método Equilibrium. Fuente propia .....	88
Tabla 32. Resultados del cálculo de áreas bajo la curva Gz. Fuente propia.....	89
Tabla 33. Comparación de los resultados para observar si cumple los mínimos exigidos. Fuente propia	89
Tabla 34. Cálculo del centro de gravedad para la condición B. Fuente propia .....	90
Tabla 35. Tabla de resultados en el análisis Large angle stability. Fuente propia .....	90
Tabla 36. Resultados del análisis de estabilidad mediante el método Equilibrium. Fuente propia .....	92
Tabla 37. Resultados del cálculo de áreas bajo la curva Gz. Fuente propia.....	92
Tabla 38. Comparación de los resultados para observar si cumple los mínimos exigidos. Fuente propia	93

# 1. Introducción

## Motivación

Al inicio de la etapa universitaria decidí estudiar Ingeniería en Sistemas y Tecnología Naval por lo atractivo que me parecía diseñar una embarcación, y aunque a lo largo de esta etapa conoces otras salidas laborales con sumo interés, mi ilusión sigue enfocada en el diseño de embarcaciones de nueva construcción.

Es por ello que aprovechando la oportunidad que otorga la Facultat de Nàutica de Barcelona en realizar prácticas, busqué un astillero donde ejercerlas, con la fortuna de poder hacerlas en un astillero en mi propia localidad, Sant Carlos de la Ràpita. A día de hoy sigo trabajando en el astillero NASAIMARINE, con más de 20 años de antigüedad, especializado en la construcción de embarcaciones de fibra de vidrio y en especial de practicaje. Pero hasta hace poco tiempo aun en calidad de prácticas, donde evidentemente no me encargo de un proyecto de nueva construcción en su totalidad, sino que mi trabajo consiste en tareas parciales del proyecto, supervisadas por un ingeniero superior. Así pues, hacer el Trabajo Final de Carrera me supuso una gran oportunidad para realizar u proyecto de nueva construcción en su totalidad, para así conocer todas las facetas en una oficina técnica y sus métodos de trabajo para la construcción de una embarcación de practicaje.

## Objeto

El objeto del proyecto consiste en el diseño, construcción y seguimiento de construcción de una embarcación de practicaje de 12 metros de eslora propulsada con motores IPS<sup>1</sup>. Donde se realizará el diseño de la embarcación, su disposición, cálculos de estructura, procedimientos de construcción, se estudiarán los sistemas y equipos que dotarán la embarcación, un estudio de proveedores, presupuesto y planificación secuencial para la construcción, pruebas de estabilidad y autonomía de la embarcación, y por último los beneficios que ofrece el sistema de propulsión IPS.

Para la realización de los puntos anteriores se utilizarán herramientas de trabajo como el programa de diseño Autocad para crear planos 2D, como la disposición general de la embarcación, instalación de los sistemas y croquis informativos. Otro programa de diseño que se utilizara es el Rhinoceros, que trabaja en 3D, siendo útil para el cálculo de las áreas de los paneles que formaran la embarcación y sobretodo nos permitirá realizar el casco de la embarcación en 3D y exportarlo al programa Maxsurf para someter el casco a varios cálculos con la finalidad de conocer su comportamiento en el mar, estudiar su estabilidad

---

<sup>1</sup> IPS: Inboard Performance System

y la resistencia al avance del casco. También se utilizará otro programa informático como es el Composite para cálculos sobre fibra de vidrio y resina, materiales principales con los que se construirá la embarcación, que nos aportará información sobre espesores y densidades de secuencias de laminado definidas.

Para el procedimiento de construcción del proyecto, tanto en el apartado técnico como en el práctico, se utilizará como apoyo una serie de normativas que se aplican a este tipo de embarcaciones, que se consultarán a Capitanía Marítima. Se aprovechará la oportunidad de trabajar en el astillero NASAIMARINE como fuente de información y el seguimiento de obra de una embarcación de practica. Otra fuente que se utilizará es la Corporación de Prácticos de Barcelona para obtener más conocimientos de estas embarcaciones. También se utilizarán libros de construcción naval para la fibra de vidrio.

Así pues, para la realización del proyecto se llevará a cabo una búsqueda de las normativas que guiarán y delimitarán cálculos y características en el proyecto de construcción. Donde se partirá de un plano de formas del casco de la embarcación. Con el plano de formas se efectuará un casco en 3D, donde se estudiará el comportamiento de este en el mar con los resultados de los cálculos de pesos y centros de gravedad que se realizarán en el proyecto, como otros cálculos en referencia al arqueo, estructura del casco y propulsión entre otros. Se estudiarán los sistemas que dotarán a la embarcación destacando el sistema de propulsión, materiales, procesos de construcción, presupuesto y planificación secuencial del proceso de construcción y revisiones.

### **Alcance**

En definitiva, se estudiará de que trata el servicio de practica para saber sus necesidades en la construcción de la embarcación, donde se tendrá que mostrar el proceso de construcción y realizar los cálculos pertinentes para un proyecto de nueva construcción que sea apto para obtener el certificado de final de obra, lo que significaría que la embarcación está preparada para su uso en el servicio de practica.

A todo esto, se le sumará un sistema de propulsión que empiece a ganar fuerza en el mundo naval, como es el sistema de propulsión azipods; en este caso será de la marca Volvo Penta IPS, donde se estudiarán sus ventajas y se observará si para una embarcación de trabajo portuario, como son las embarcaciones de practica, les aportará más beneficio que con un sistema de propulsión de ejes convencional.

## 1.1. Que es el practicaaje y a que buques se aplica

El practicaaje es un servicio que asesora a capitanes de buques y artefactos flotantes para facilitar la entrada, salida y maniobras náuticas dentro de los límites geográficos de la zona de practicaaje en condiciones de seguridad. Este servicio se presta a bordo de los buques, incluyendo las instrucciones por los prácticos desde que parten de la estación de practicaaje. Durante el servicio, corresponde al capitán del buque el mando y la dirección de cualquier maniobra.

Este servicio se presta en todos los puertos en los que la Autoridad Marítima ha determinado su obligatoriedad. Conforme al artículo 8 del RD 393/1996<sup>2</sup>, el practicaaje es obligatorio para la entrada y salida de puerto de todos los buques, con un arqueo igual o superior a 500 G.T.<sup>3</sup>, así como para las maniobras náuticas que estos buques precisen efectuar dentro del puerto, salvedad de las espiadas que no exijan el desatraque del buque o la utilización de remolcadores.

El Reglamento (artículo 9 RD 393/1996) permite que la Dirección General de la Marina Mercante pueda establecer excepciones a la obligatoriedad de utilización del servicio de practicaaje en un puerto o grupo de puertos determinado. Dicha exención temporal ha de otorgarse mediante resolución motivada, teniendo en cuenta los conocimientos específicos que sobre el puerto posea el capitán o patrón del buque, la frecuencia de entradas y salidas en puertos concretos en los últimos doce meses, el tipo y características técnicas del buque, la existencia y tipo de medios de ayuda a la maniobra de los buques, la intensidad y clase del tráfico marítimo, el tipo de mercancías transportadas, la dificultad de los canales de entrada o salida, el sistema de balizamiento y demás medios técnicos en materia de seguridad marítima con que cuente dicho puerto, así como los demás aspectos exigidos por la normativa establecida al efecto por la Organización Marítima Internacional (OMI).

Quedan exceptuados de la obligatoriedad de utilización del servicio de practicaaje los buques de guerra nacionales cuando concurren circunstancias en las que la utilización de dicho servicio implique pérdida de confidencialidad o restricción de movimientos en el cumplimiento de sus misiones. En este supuesto, el comandante del buque o de la Agrupación Naval lo comunicará al Capitán Marítimo.

Bajo determinadas condiciones de frecuencia de entrada, condiciones de maniobrabilidad, etc., los Capitanes de buques que realicen más de cincuenta escalas al año, pueden obtener un Certificado de Exención de practicaaje PEC, que son emitidos por la Administración Marítima, y que han sido objeto de críticas por los Prácticos.

---

<sup>2</sup> Real Decreto 393/1996, de 1 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento general de Practicaaje, de conformidad con lo establecido en la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.

Publicado en: «BOE» núm. 66, de 16 de marzo de 1996, páginas 10509 a 10520 (12 págs.)

<sup>3</sup> G.T.: Unidad volumétrica de espacios cerrados, de expresión naval, para determinar la envergadura de un buque.

## 1.2. Trabajos desarrollados por las embarcaciones de practica

Las embarcaciones de practica tienen como función principal transportar de forma segura el práctico a la posición del buque al que se le prestara el servicio. Una vez el bote de prácticos se abarboa al buque, estando estos dos en movimiento, se pondrá a disposición del práctico una escala para su acceso, posteriormente el bote se aleja por seguridad del práctico, evitando que pudiese quedar atrapado entre las embarcaciones debido a unas malas condiciones de navegabilidad. Para proporcionar una mayor seguridad la embarcación de practica consta de un barandillado, ofreciendo la sujeción del práctico en cualquier punto de cubierta, donde se instala una línea de vida a la que estará sujeto un tripulante de la lancha para asumir menos riesgos en el momento de desembarque.

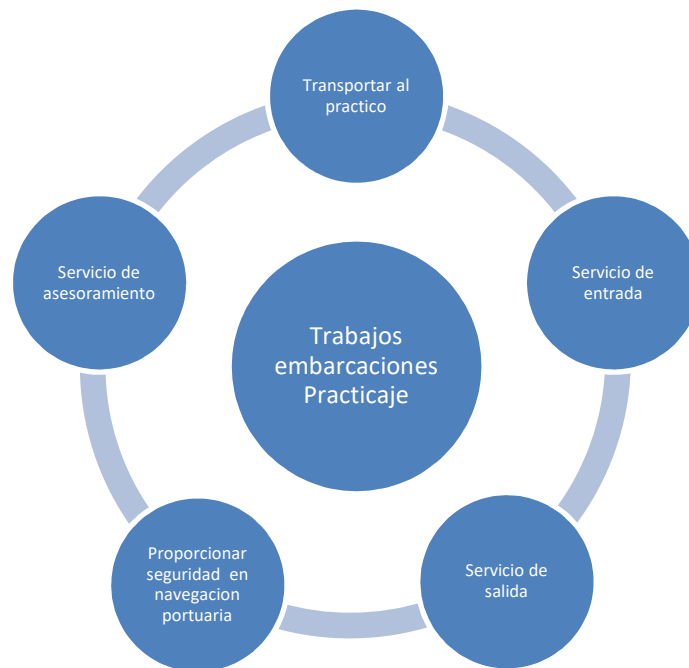


Ilustración 1. La lancha de practica se abarboa para el embarque del práctico. Fuente: NASAIMARINE SL

De conformidad con el artículo 2.2 del RD 393/1996, las embarcaciones de practica pueden estar destinadas a cuatro clases de practica: de entrada a puerto, de salida de puerto, de maniobras náuticas dentro de puerto, y el voluntario.

- **a)** El practica de entrada consiste en el servicio de asesoramiento que presta el práctico para dirigir con seguridad un buque o artefacto flotante de acuerdo con las disposiciones particulares de cada puerto, hasta su destino en zona portuaria, bien sea debidamente fondeado o amarrado a un muelle, boya, dique, pantalán, dique seco, o varadero, pasando por canales o esclusas si fuera necesario.
- **b)** El practica de salida es el servicio de asesoramiento que presta el práctico para dirigir con seguridad un buque o artefacto flotante desde su lugar de atraque, fondeo, boya, dique, pantalán, dique seco o varadero, hasta los límites geográficos de la zona de practica de acuerdo con las disposiciones particulares de cada puerto o hasta el punto donde deje el buque en franquía previa indicación de su capitán, pasando por canales o esclusas si fuera necesario.

- **c)** El practicaaje de maniobras náuticas dentro del puerto se define como el servicio de asesoramiento que prestan los prácticos para trasladar un buque o artefacto flotante desde un lugar a otro dentro de los límites del servicio de practicaaje.
- **d)** Y practicaaje voluntario es el servicio de asesoramiento prestado por el práctico a buques o artefactos flotantes, a solicitud del capitán de éstos, fuera de la zona de practicaaje del puerto, o el que se presta en las aguas del puerto cuando no fuera obligatoria la utilización de este servicio.



**Ilustración 2. Trabajos realizados por las embarcaciones de Practicaaje. Fuente propia**

### 1.3. Normativa aplicable a los trabajos de practica



Ilustración3. Normativas aplicables al Servicio de Practicaje. Fuente propia

#### 1.3.1. Real Decreto Legislativo 393/1996:

Este Real Decreto (RD) por el que se aprueba el Reglamento General de Practicaje, de conformidad con lo establecido en la Ley de Puertos del Estado y la Marina Mercante<sup>4</sup>, tiene por objeto la regulación de los requisitos exigidos a los prácticos para garantizar su adecuada cualificación profesional, la ordenación del servicio por razones de seguridad marítima, la responsabilidad civil derivada del servicio de practica y el régimen de infracciones y sanciones que puedan derivarse de la presentación del servicio.

<sup>4</sup> Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.

-Publicado en: «BOE» núm. 253, de 20 de octubre de 2011, páginas 109456 a 109710 (255 págs.)



Consta de 7 capítulos y 34 artículos, a continuación se citan los que se han considerado más relevantes por su aplicación:

**CAPITULO I. Disposiciones generales:**

·Artículo 3. Competencias de la Administración marítima en relación con el servicio portuario de practica

·Artículo 4. Ambito del servicio portuario de practica.

**CAPITULO II. Del Servicio Portuario de Practica Portuario:**

·Artículo 5. Gestión del servicio portuario de practica en los puertos que dependan de la Administración General del Estado

·Artículo 7. Límites geográficos de prestación del servicio portuario de practica.

·Artículo 8 y 9. Obligatoriedad y excepciones de utilización del servicio portuario de practica, respectivamente.

**CAPITULO III. De la actividad privada de practica:**

·Artículo 11. Practica privada

**CAPITULO IV. De los prácticos:**

·Artículo 12. Requisitos de titulación y profesionales.

·Artículo 13. Pruebas para el reconocimiento de la capacitación como práctico.

·Artículo 16. Habilitación temporal como prácticos.

**CAPITULO V. De la ordenación del servicio portuario de practica en relación con la seguridad marítima:**

·Artículo 20. Condiciones técnicas de prestación del servicio portuario de practica por razones de seguridad marítima.

**CAPITULO VI. De la responsabilidad derivada de la prestación del servicio portuario de practica:**

·Artículo 24. Responsabilidad civil.

## **CAPITULO VII. De las infracciones y sanciones relativas al practica:**

·Artículos 27 y 28. Infracciones graves y muy graves, respectivamente.

·Artículo 29. Responsables de las infracciones.

·Artículo 31. Sanciones.

### **1.3.2. Real Decreto Legislativo 2/2011, 5 septiembre**

Este Real Decreto (RD) por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, tiene por objeto de la presente ley:

·Determinar y clasificar los puertos que sean competencia de la Administración General del Estado.

·Regular la planificación, construcción, organización, gestión, régimen económico-financiero y policía de los mismos.

·Regular la prestación de servicios en dichos puertos, así como su utilización.

·Determinar la organización portuaria estatal, dotando a los puertos de interés general de un régimen de autonomía funcional y de gestión para el ejercicio de las competencias atribuidas por esta ley, y regular la designación por las Comunidades Autónomas de los órganos de gobierno de las Autoridades Portuarias.

·Establecer el marco normativo de la Marina Mercante.

·Regular la Administración propia de la Marina Mercante.

·Establecer el régimen de infracciones y sanciones de aplicación en el ámbito de la Marina Mercante y en el portuario de competencia estatal.

Este RD contiene un total de 320 artículos, pero solo una reducida cantidad hacen referencia al practica, a continuación se citan los que se han considerado más relevantes:

·Artículo 126. Definición y características del servicio de practica.

·Artículo 279. Régimen de gestión.

·Artículo 280. Régimen de protección del personal del servicio de practica.

·Artículo 281. Responsabilidad.

#### 1.4. Características de las embarcaciones de practica

Este tipo de embarcaciones de trabajo portuario están sometidas al contacto directo con los buques a asesorar, trabajan en cualquier condición marítima y el trabajo que ejerce el práctico es peligroso, dado que en el momento del embarque o de desembarque el bote de practica y el buque se encuentran en movimiento. Por lo que es importante que el diseño de este tipo de embarcaciones responda a los desgastes sometidos y garantice la seguridad del práctico, así como la del resto de tripulantes, facilitando el trabajo de cada uno de estos.

La embarcación de practica dispone de defensas de goma alrededor de la borda para protegerse de los impactos cuando se abarboa. Indispensables ya que este perímetro exterior es la zona de más esfuerzo a la que está sometida la embarcación.



**Ilustración 4. Lancha practica Tarifa: defensas en amura estribor. Fuente NASAIMARINE SL**

Estas embarcaciones también se caracterizan por tener una amplia y despejada cubierta para no obstaculizar el paso, facilitando el embarque y desembarque del práctico. La cubierta suele pintarse de un color vistoso naranja, rojo o amarillo, con antideslizante e incorporando unas tiras de goma alrededor de la cubierta llamadas “quita miedos”.



**Ilustración 5. Cubierta embarcación DENE. Fuente NASAIMARINE SL**

A fin de facilitar la tarea del patrón, el puente de estas embarcaciones dispone de cristales en todos los costados proporcionando una visibilidad de 360°. En la parte superior también disponen de cristales, estos suelen tener una abertura hacia el interior para la ventilación del mismo puente.

Otra característica son las varias medidas de seguridad que se encuentran en este tipo de embarcaciones como el barandillado alrededor del puente, en la zona de proa y popa para la sujeción del práctico en cualquier posición de la embarcación. A este barandillado se le instala una línea de vida. También se instalan puntales dentro del puente o agarraderos para la sujeción en el interior, una escalera en el espejo de popa y un sistema para el rescate de un tripulante en el agua, pudiendo ser desde un simple aro salvavidas a un Jasoncradle<sup>5</sup>.



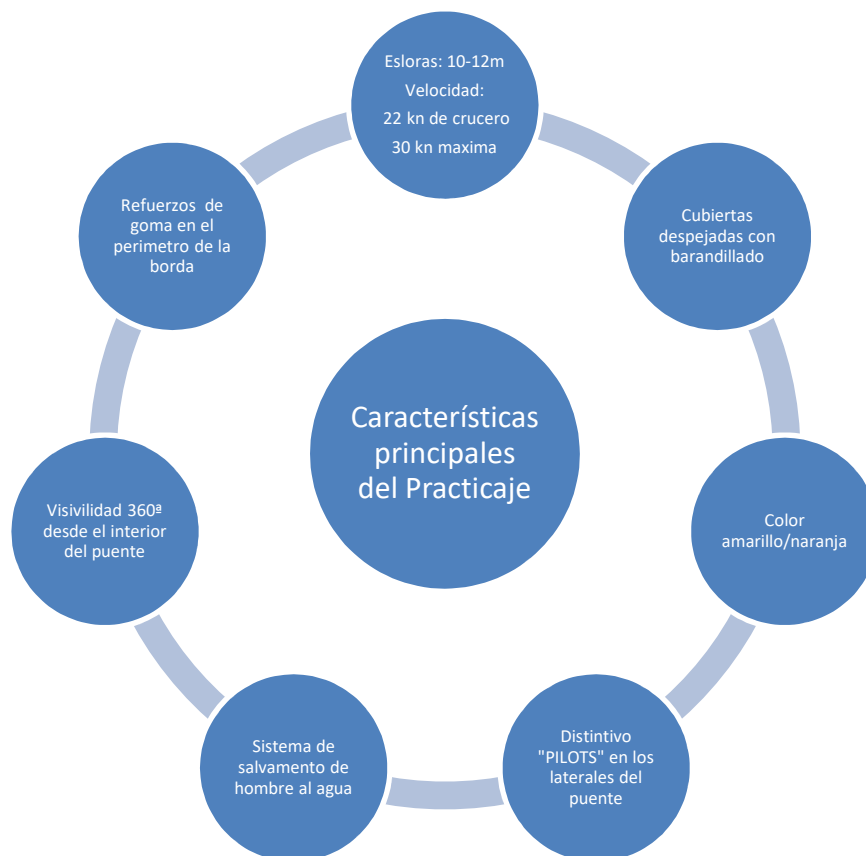
**Ilustración 6. Interior puente: agarraderos/Ilustración 7. Jasoncradle. Fuente NASAIMARINE SL**

---

<sup>5</sup>Jason'scradle es un dispositivo de rescate marítimo. El dispositivo es similar a una red de salvamento hecha de tela. Se puede suspender sobre un rail, pero tiene bloques de refuerzo que facilitan la escalada. Puede tomar la forma de una hamaca o camilla para el rescate de personas debilitadas o heridas cuando la "parte superior" y la "parte inferior" de la red se bajan al nivel del agua para que puedan simplemente rodar hacia ella. Se encuentran diferentes tamaños disponibles, tanto para embarcaciones de recreo como para aplicaciones marítimas de búsqueda y rescate.

Las dimensiones de estas embarcaciones se encuentran entre 9 metros y 17 metros de eslora, siendo las más comunes de 10 a 12 metros de eslora, con sistemas de propulsión que alcancen una velocidad de crucero alrededor de 22kn<sup>6</sup> y unas velocidades máximas cercanas a 30kn, prestando una buena reacción para navegar en malas condiciones y reduciendo el tiempo entre servicios.

Su distintivo como lancha de trabajo es un puente blanco con las insignias de Pilots en los costados, el techo y la cubierta rojos/naranjas vistosos y el casco negro.



**Ilustración8. Características principales de las embarcaciones de Practicaje. Fuente propia**

---

<sup>6</sup>Kn: abreviatura de knot, nudo en inglés. Correspondiente a 1 milla náutica por hora cada.

## 2. Normativa aplicable para la construcción

Las embarcaciones de practica no tienen una normativa específica para su construcción, sino que las normativas y los parámetros de seguridad se aplicarán según las características de la embarcación como: la eslora, velocidad, la función para la que estará destinada, la zona de trabajo, material de construcción, etc.

A continuación, se nombran las normativas que se aplicarán para la construcción y controles de inspección en una embarcación de practica:

**-Real Decreto 1185/2006 <sup>7</sup>“RR”:** Este reglamento establece la regulación de las radiocomunicaciones marítimas y de las instalaciones radioeléctricas a bordo de los buques civiles españoles destinadas a emisiones del servicio móvil marítimo regulado en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, desde la perspectiva de la tutela de la seguridad marítima.

**-Orden 10 de junio de 1983 <sup>8</sup>“NNCC”:** Establece las normativas para la seguridad de la vida humana en el mar y su protocolo, aplicada a todos los buques y embarcaciones mercantes nacionales, con las limitaciones que aconsejan según características de la embarcación y la actividad que realice.

**-Orden 3384/1971 <sup>9</sup>“O”:** Este reglamento establece los certificados que tendrán que cumplir las embarcaciones según la clase y el tipo de embarcación, para así acreditar que la embarcación se encuentra en condiciones de seguridad y de prestar eficazmente el servicio.

**-Real Decreto 1837/2000<sup>10</sup>, de 10 de noviembre:** Este Reglamento establecer un marco normativo específico que regule las condiciones generales y el procedimiento para la realización de las inspecciones y controles de los buques, como reconocimientos, aprobaciones, homologaciones y certificaciones. Para comprobar que el buque, sus aparatos, elementos, materiales o equipos, su tripulación, su carga y sus

---

<sup>7</sup>Real Decreto 1185/2006, de 16 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan las radiocomunicaciones marítimas a bordo de los buques civiles españoles.

Publicado en: «BOE» núm. 261, de 01/11/2006.

<sup>8</sup> Orden de 10 de junio de 1983 sobre normas complementarias de aplicación al Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1974, y su Protocolo de 1978, a los buques y embarcaciones mercantes nacionales.

Publicado en: «BOE» núm. 233, de 29 de septiembre de 1983, páginas 26531 a 26582

<sup>9</sup>Decreto 3384/1971, de 28 de octubre, sobre revisión del Reglamento de Reconocimiento de Buques y Embarcaciones Mercantes.

Publicado en: «BOE» núm. 64, de 15 de marzo de 1972, páginas 4551 a 4582

<sup>10</sup>Real Decreto 1837/2000, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de inspección y certificación de buques civiles.

Publicado en: «BOE» núm. 285, de 28/11/2000.

procedimientos operativos reúnen, respecto al fin al que se destina el buque, las prescripciones y condiciones en materia de seguridad marítima y prevención de la contaminación del medio ambiente marino producida desde los buques.

**-American Bureau of Shipping<sup>11</sup> “ABS”:** En este caso esta normativa es establecida por una sociedad de clasificación, estas sociedades son organizaciones no gubernamentales, con el objetivo de promover la seguridad de la vida humana y la protección del entorno natural marino. Desarrollando reglas de clasificación, la confirmación de que el diseño de los buques cumple con dichas reglas, la inspección de los buques durante el periodo de construcción y las inspecciones periódicas para confirmar que los buques continúan cumpliendo dichas reglas. La sociedad de clasificación ABS consiste más concretamente en normas para la construcción y clasificación de buques de plásticos reforzados.

**-SOLAS<sup>12</sup>:** Este convenio es un tratado internacional de seguridad marítima para asegurar que las embarcaciones cumplan los mínimos de seguridad en su construcción, equipamiento y operación correspondientes al país que este abanderado.

**-MARPOL<sup>13</sup>:** Convenio internacional para prevenir la contaminación por buques de 1973, y su protocolo de 1978, ratificados por España mediante Instrumento de 22 de junio de 1984, impone a los gobiernos contratantes la obligación de garantizar el montaje de los servicios e instalaciones necesarios para la recepción de residuos y mezclas oleosas procedentes de los buques, de forma que éstos no tengan que sufrir demoras innecesarias.

**-RIPA<sup>14</sup>:** Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes aplicado a todos los buques en alta mar y en todas las aguas que tengan comunicación con ella y sean navegables por los buques de navegación marítima. Una de las reglas más trascendentes de este reglamento es el reconocimiento de los dispositivos o esquemas de separación de tráfico como el equipamiento de luces, marcas y señales.

---

<sup>11</sup> American Bureau of Shipping (1967). Rules for Building and Classing Steel Vessels. The Bureau

<sup>12</sup>Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974 (Convenio SOLAS), entrada en vigor el 25 de mayo de 1980.

<sup>13</sup>OMI. Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973,(MARPOL), edición refundida de 1974, Protocolo de 1978 relativo al Convenio MARPOL y enmiendas

<sup>14</sup>OMI. Convenio Internacional sobre la Revisión del Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes, COLREG, 1972 y enmiendas.



## 3. Diseño y construcción de la embarcación

### 3.1. Disposición general

La Disposición general se representa mediante un plano (Ilustración 9), que consiste en la distribución de todos los elementos de la embarcación, tiene que realizarse aprovechando al máximo los espacios en cada compartimento, facilitando el acceso a cualquier zona, de forma que tanto la instalación de los equipos como su mantenimiento pueda realizarse favorablemente. También se deberán respetar las restricciones impuestas por las normativas de seguridad y las peticiones del armador.

El punto de partida para realizar la disposición será decidir el número de compartimentos en los que se dividirá la embarcación, a sabiendas que como mínimo la embarcación deberá tener un compartimento para el local de tanques, uno para la sala de máquinas y otro para el pique de proa, estos separados por mamparos estancos como lo rige la normativa. La lancha también dispondrá de un compartimento adicional que corresponderá a la acomodación, del cual su presencia en la embarcación depende de los intereses del armador.

El puesto de mandos de la embarcación estará en el interior del puente, que, a diferencia de los compartimentos nombrados anteriormente, estará sobrecubierto.

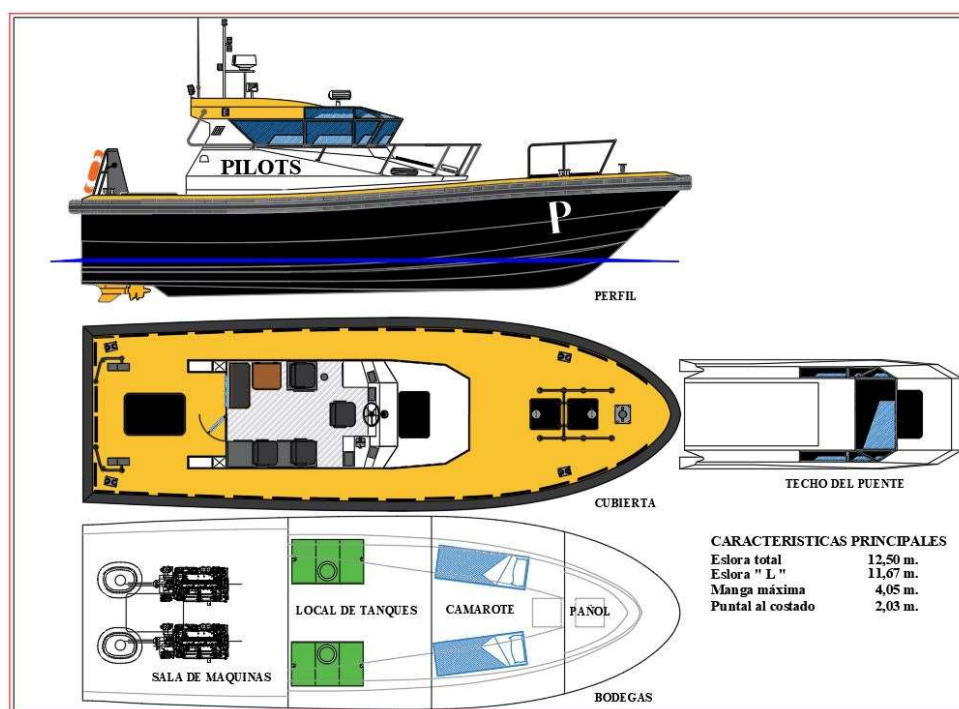


Ilustración 9. Disposición General P12 NASAI IPS. Fuente propia

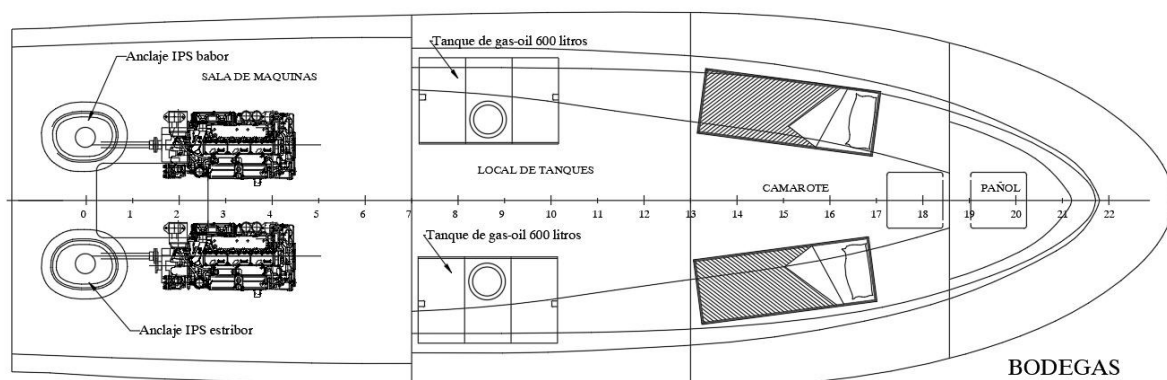
Dado que la embarcación estará dotada con motores IPS, un sistema de propulsión completo e integrado prescindiendo de líneas de ejes, estos se instalarán en la popa junto a las hélices.

En un sistema de propulsión más convencional se optaría por instalar los motores en medianía, proporcionando mayor estabilidad a la embarcación, dado que es uno de los elementos más pesados, pero



### 3. Diseño y construcción de la embarcación

con los motores IPS en popa se instalarán los tanques en medianía, incorporando también peso en dicha zona y facilitando la instalación de tuberías y válvulas para el subministro de combustible a los motores dada su proximidad.

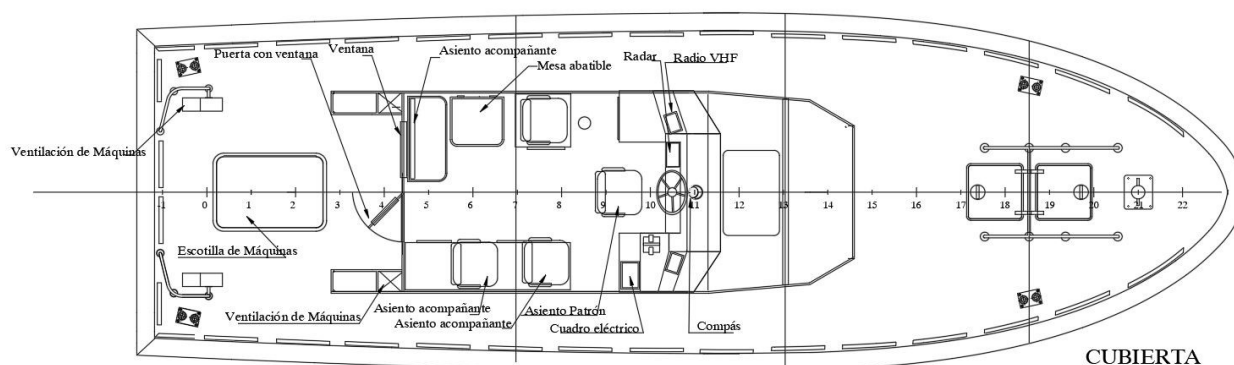


**Ilustración 10. Disposición bodega P12 NASAI IPS. Fuente propia**

Se puede observar en la ilustración 10 la disposición de los compartimentos en bodega con los motores en popa y tanques en medianía, como se ha comentado anteriormente, los tanques de combustible estarán lo más separados posibles de la línea de crujía de forma simétrica, obteniendo una mejor estabilidad para la embarcación.

En el camarote las camas también se instalarán en los costados, ya que al ser el casco en forma de V se reduce la manga del suelo a proa, siendo la zona de crujía del compartimento la de más altura, aportando así un cómodo acceso a las camas.

El pañol estará situado sobre pique de proa, donde se almacenará el ancla.

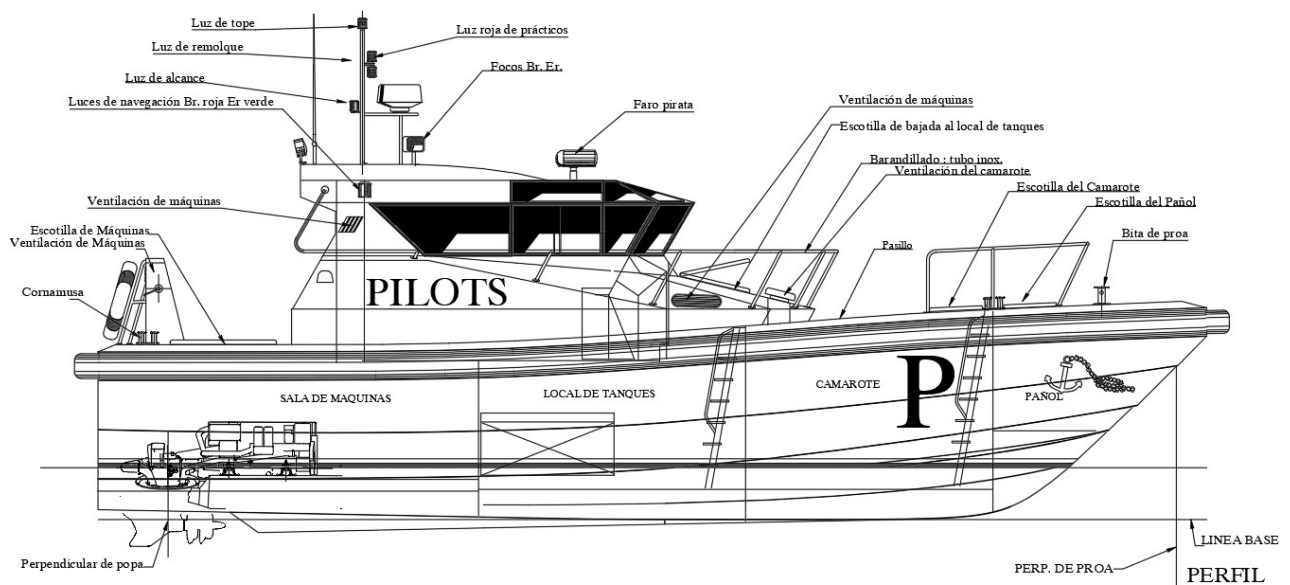


**Ilustración 11. Disposición Cubierta P12 NASAI IPS. Fuente propia**

En la cubierta principal estará situado el puente, con una capacidad para 5 personas más el capitán, 4 con asientos regulables y un banco para dos personas con una mesa abatible. En la proa del puente se situará el asiento del patrón, quedando centrado y por detrás de la consola, facilitando así el acceso completo a los mandos de control y aportándole una visión beneficiosa para la navegación.

En la zona exterior la cubierta, la cual goza de espacio libre de obstáculos, tiene un barandillado en la zona que rodea el puente, en la zona de popa y en proa en los costados de las escotillas, ofreciendo así una sujeción desde cualquier punto de la cubierta.

Las escotillas de proa dan acceso al pañol de proa y al camarote, situándose cada una de estas encima de cada compartimento. También hay una escotilla en el morro del puente, para el acceso a el local de tanques, y otra escotilla en la zona de popa para la entrada a la sala de máquinas, esta última de gran embergadura para facilitar el acceso y una posible desinstalación de los motores, para su mantenimiento, reparación o cambio.



**Ilustración 12. Disposición Perfil P12 NASAI IPS. Fuente propia**

En esta imagen (ilustración 12) de la embarcación podemos observar la disposición de un gran número de componentes que dotan a la embarcación, desde faros, focos, luces y antenas en la parte superior del puente, a elementos para la ventilación de la sala de máquinas y camarote. En proa encontramos una bita y en la zona de amuras y aletas de la embarcación cornamusas para el amarre de la embarcación.

## 3.2. Arqueo

### 3.2.1. Tipos de arqueo

Un buque se puede clasificar según su capacidad, con el fin de poder determinar la cabida de carga a transportar. Hay dos posibilidades para ello, siendo una el peso muerto, correspondiendo al tonelaje del peso de la carga y los equipos, y otra el arqueo.

El arqueo es una medida volumétrica que nos indica la capacidad de carga a transportar de un buque, empleado como método de tasación de derechos que deberán pagar los buques al llegar al puerto, proporcional a su volumen, así que generalmente el tonelaje de arqueo es una medida fiscal. También dependen del arqueo servicios de puerto, dique y paso por canales, así como las atribuciones de los títulos profesionales de la marina mercante.

Dentro del arqueo se hallan los conceptos de arqueo bruto y arqueo neto definidos por La «Conferencia internacional sobre arqueo de buques» de 1969.

El arqueo bruto es la expresión del tamaño total del buque que se mide en unidades GT (en inglés, gross register tonnage, GRT), medida de mayor importancia en el sector de pesca, pero en España para la nueva construcción de embarcaciones Capitanía Marítima trabaja el arqueo en unidades TRB (toneladas de registro bruto). Son dos opciones para el cálculo del arqueo bruto con unidades de expresión naval distintas.

El arqueo neto es la expresión de la capacidad utilizable de un buque dedicados a carga y transporte de las mercancías, que se mide en unidades NT (en inglés, net register tonnage, NRT).

En el caso de la embarcación P12 NASAI, como el servicio de la lancha no es de carga y la eslora es menor de 24m, no es necesario el cálculo para el certificado de arqueo neto, según el "Convenio Internacional sobre Arqueo de buques - 1969" (BOE 221/82), no obstante, se procederá a calcular el arqueo bruto para poder clasificar la embarcación y así saber la normativa que se le aplicará a la P12 NASAI IPS, tal y como recomienda la Organización Marítima Internacional (OMI) y exige Capitanía Marítima su utilización como parámetro en convenios, leyes y reglamentos.

### 3.2.2. Cálculo de Arqueo

A continuación, se calcula por los dos métodos:

#### **Formula de Arqueo Bruto (Convenio Internacional sobre Arqueo de buques - 1969)**

El arqueo bruto de una embarcación (GT) se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$GT = K1 \cdot V$$

En la cual: V = Volumen total de todos los espacios cerrados del buque, expresados en metros cúbicos.

K1 =  $0,2 + 0,02 \log_{10} V$  o el valor tabulado en el anexo A1.

Para el cálculo del volumen bajo cubierta (espacio cerrado del buque) utilizaremos el programa MAXSURF MODELER, ya que las formas del casco son complejas y esta herramienta nos facilitará datos con mayor precisión.

Para hacer un estudio del casco mediante el Maxsurf, previamente se tendrá que diseñar en 3D con las sus formas correspondientes.

El programa te facilita los resultados de un estudio hidrostático del casco a partir de un calado determinado, correspondiente a la ilustración 13. Uno de los resultados aportados es el volumen sumergido del casco, que, para un calado superior al puntal del casco, sumergiéndolo por completo, correspondería al volumen bajo cubierta. En la ilustración 14 podemos observar como el calado, línea horizontal amarilla, cubre la embarcación por completo.

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	72,72	t
2	Volume (displaced)	70,950	m <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	3,300	m
4	Immersed depth	3,298	m
5	WL Length	0,000	m
6	Beam max extents o	0,000	m
7	Wetted Area	94,300	m <sup>2</sup>
8	Max sect. area	5,987	m <sup>2</sup>
9	Waterpl. Area	0,000	m <sup>2</sup>
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,000	
11	Block coeff. (Cb)	0,000	
12	Max Sect. area coeff		
13	Waterpl. area coeff.	0,000	
14	LCB length	5,952	from z
15	LCF length	-0,450	from z
16	LCB %	5,952	from z
17	LCF %	-0,450	from z
18	KB	1,400	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMT	0,000	m
21	BML	0,000	m
22	GMt corrected	1,400	m
23	GML	1,400	m
24	KMt	1,400	m
25	KML	1,400	m
26	Immersion (TPc)	0,000	tonne/c
27	MTc	0,080	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.Dl	1,777	tonne.

Density (water) 1,025 tonne/m<sup>3</sup>

Std. densities 1,025 tonne/m<sup>3</sup> - Std. Metric sea water (1025.0 kg/m<sup>3</sup>)

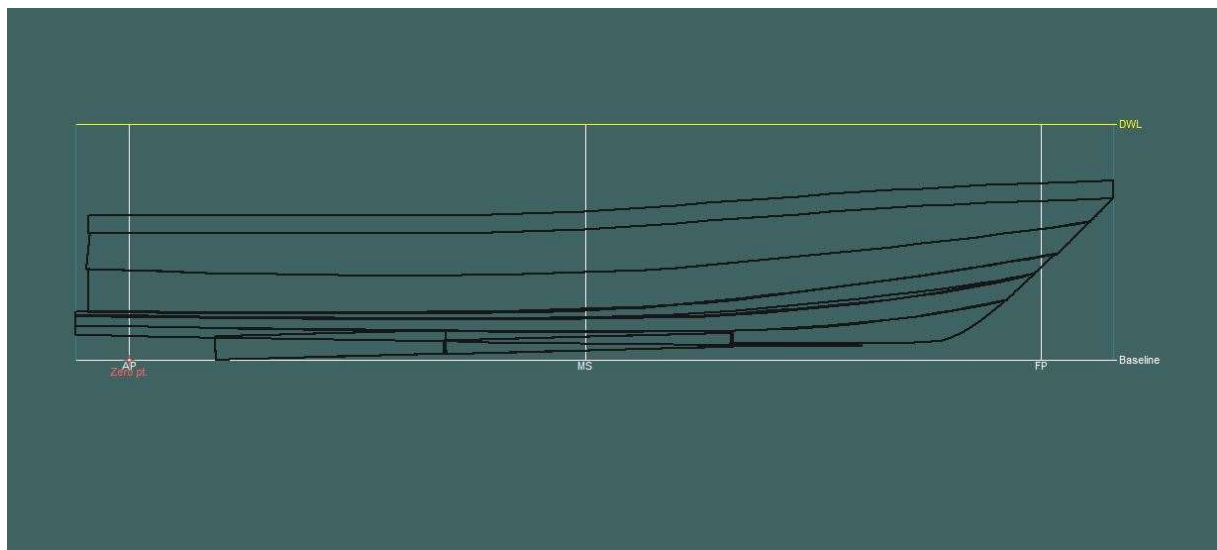
VCG 0 m

Recalculate

Select Rows ...

Close

**Ilustración 13. Resultados estudio hidrostático. Fuente propia**



**Ilustración 14. Referencias tomadas del casco en Maxsurf. Fuente propia**

El volumen obtenido es de 70,95 m<sup>3</sup>

$$K1 = 0,2 + 0,02 \log_{10} (70,95) = 0,237$$

GT= 0,237 · 70,95= **16,81** (GT), arqueado bruto en gros tonnes.

#### **Cálculo de Arqueo Bruto con unidades TRB**

Este método procede del llamado Sistema Moorsom, que permite establecer una medida de la capacidad productiva dependiendo de espacios disponibles del buque.

Básicamente consta del cálculo de volúmenes en pies cúbicos y divididos por un factor 100, obteniendo así toneladas Moorsom, equivalente a 2,83 metros cúbicos por cada una de estas toneladas.

Para el cálculo del volumen se excluirán espacios no utilizables, como el doble fondo y una bañera en cubierta si la hubiera, también el espesor del laminado casco para ser más exactos con el volumen útil.

Se realizará por el método de Simpson, que en análisis numérico, es un método de integración numérica utilizado para obtener una aproximación de una integral definida en un intervalo [a,b], sobre cada subintervalo en el que se divide [a,b] se aproxima f por un polinomio de segundo grado, para luego calcular la integral como suma de las áreas de los trapecios formados en esos subintervalos. Formula de Simpson:

$$\int_a^b f(x) \approx \frac{b-a}{3n} \cdot \left\{ f(X_0) + 4 \cdot [f(X_1)] + 2 \cdot [f(X_2)] + 4 \cdot [f(X_3)] + \dots \right. \\ \left. \dots + 2[f(X(n-2))] + 4[f(X(n-1))] + f(X_n) \right\}$$

n: numero de subintervalos

Primero utilizaremos el método de simpson para el cálculo de las áreas de cada sección de la embarcación, mostradas en la ilustración 16, y posteriormente apartir de estas el volumen.

Para calcular el área de las secciones aplicaremos la formula del método de simpson para cada una de ellas, siendo el intervalo (comentado anteriormente para el cálculo) el puntal mostrado en la ilustración 15, que corresponderia a 1683 mm, es decir, intervalo de 0 a 1683, dividido en 4 subintervalos, donde cada subintervalo corresponde a una función, en este caso a una manga.

En la ilustración 15 se muestran los valores para la ecuación, pero solo para la sección 3, como ejemplo tambien para la aplicación de las otras secciones. No obstante se muestran los valores de las semimangas y no de las mangas con las que trabajaremos. También podemos observar que el doble fondo y el espesor del laminado (100 mm) no se tendrán en cuenta para el cálculo del volumen.

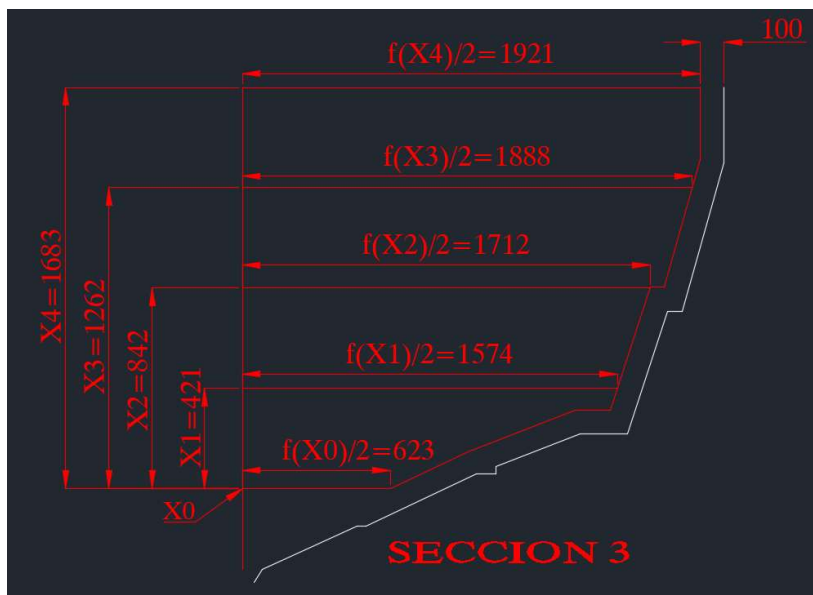


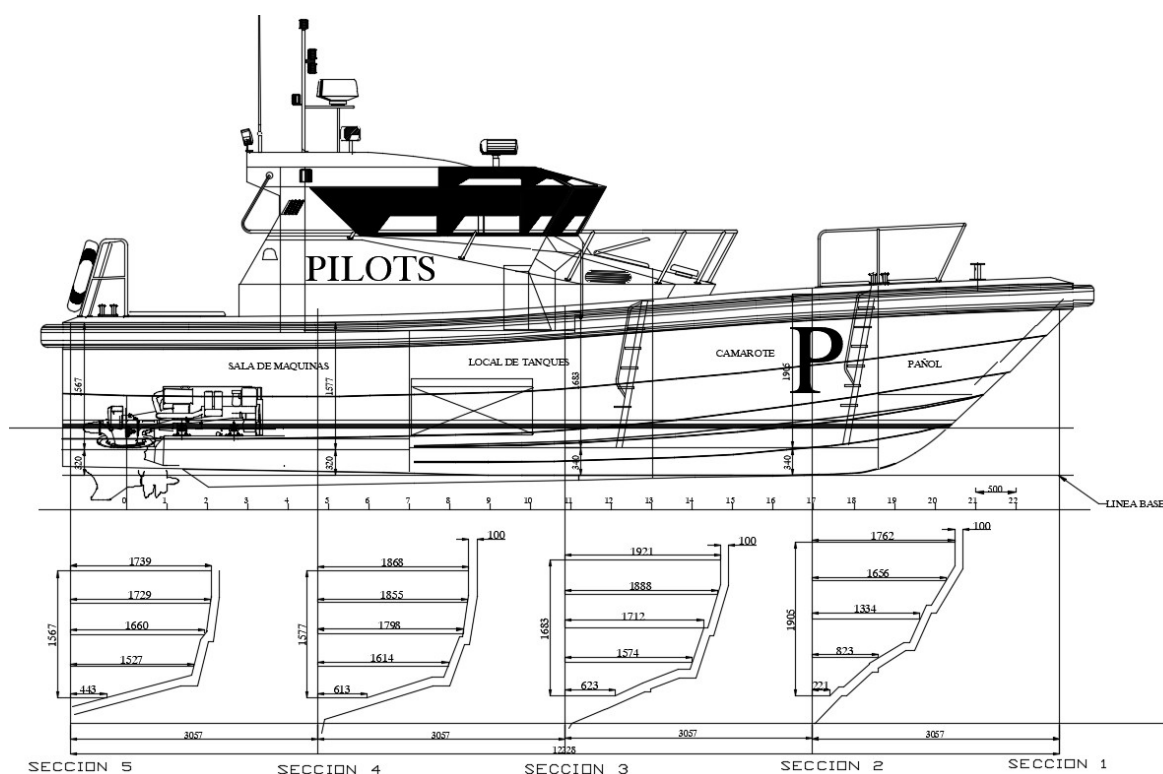
Ilustración 15. Sección 3 del Plano de Arqueo con valores de semimangas e intervalos. Fuente propia

Añadiendo los datos a la ecuación obtenemos:

$$\int_a^b f(x) \approx \frac{1}{3} \cdot \frac{b-a}{n} \cdot \{f(X_0) + 4 \cdot [f(X_1)] + 2 \cdot [f(X_2)] + 4 \cdot [f(X_3)] + f(X_4)\}$$

Esta ecuación la aplicamos a cada sección en la tabla 1, con los datos mostrados en la ilustración 16.

### 3. Diseño y construcción de la embarcación



**Ilustración 16. Plano de Arqueo. Fuente propia**

	1ª SECCION		2ª SECCION		3ª SECCION		4ª SECCION		5ª SECCION	
Puntales de las secciones	0		1,905		1,683		1,577		1,567	
Intervalo entre mangas	0		0,4763		0,4208		0,3943		0,3918	
Factores										
	mangas	productos	mangas	productos	mangas	productos	mangas	productos	mangas	productos
1	0	0,000	3,52	3,520	3,84	3,840	3,74	3,740	3,48	3,480
4	0	0,000	3,31	13,240	3,78	15,120	3,71	14,840	3,46	13,840
2	0	0,000	2,67	5,340	3,42	6,840	3,6	7,200	3,32	6,640
4	0	0,000	1,65	6,600	3,15	12,600	3,23	12,920	3,05	12,200
1	0	0,000	0,44	0,440	1,25	1,250	1,23	1,230	0,89	0,890
Suma de productos.....		0,000		29,140		39,650		39,930		37,050
1/3 del intervalo entre mangas		0,000		0,159		0,140		0,131		0,131
AREA DE LAS SECCIONES		0,000 m2		4,626 m2		5,561 m2		5,247 m2		4,838 m2

**Tabla 1. Cálculo de áreas mediante el método de simpson de las secciones**

Una vez obtenidas las áreas de cada sección, se procederá al cálculo del volumen bajo cubierta a partir de los siguientes datos para el buque P12 NASAI IPS:

Eslora en la cubierta de arqueo (L.a): 12,23 m.

L.a se divide en 4 partes iguales



Nº de secciones transversales: 5

Intervalo entre secciones (subintervalo): 3,057 m.

Aplicamos estos datos y las áreas de las secciones obtenidas a la fórmula de Simpson:

	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5
<b>AREA DE LAS SECCIONES:</b>	<b>0,000 m2</b>	<b>4,626m2</b>	<b>5,561 m2</b>	<b>5,247 m2</b>	<b>4,838 m2</b>
Factores:	<u>1</u>	<u>4</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>1</u>
PRODUCTOS:	0,000	18,504	11,122	20,990	4,838
SUMA DE PRODUCTOS:	55,454				
1/3 Intervalo entre secciones:	1,019				

**Volumen neto bajo cubierta:** 56,507 m3

**Tabla 2. Cálculo de volumen del casco mediante las áreas de las secciones. Fuente propia**

**Arqueo bajo cubierta:**  $56,507/2,83=$  19,967 T.R.B.

GT	TRB
<ul style="list-style-type: none"> <li>• V= 70,95 m3</li> <li>• A.bruto= 16,81 GT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• V= 56,5 m3</li> <li>• A.bruto= 19,96 TRB</li> </ul>

**Ilustración 17. Comparativa de los resultados de arqueo por el método GT y TRB. Fuente propia**

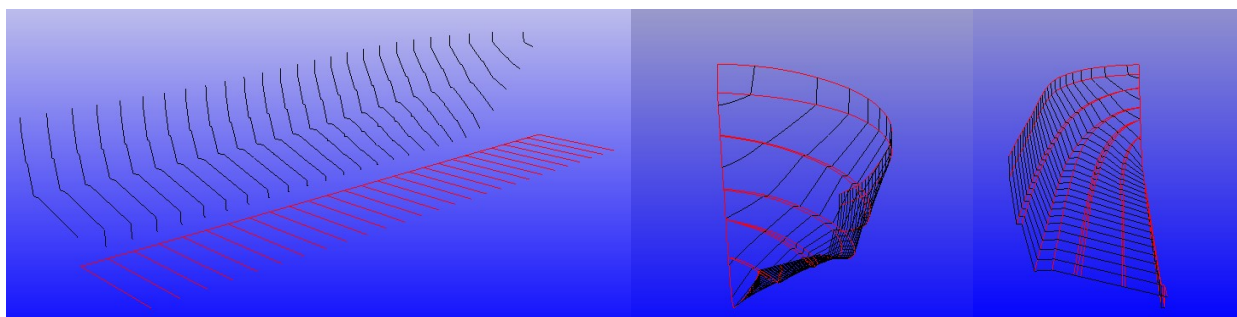
En la imagen 17 se puede observar como el volumen para el cálculo del arqueo es distinto en cada método, como ya se ha comentado anteriormente, esto es debido a que el cálculo del volumen para el arqueo en TRB no se incluye el volumen del doble fondo ni del espesor del casco.



#### 3.3. Formas

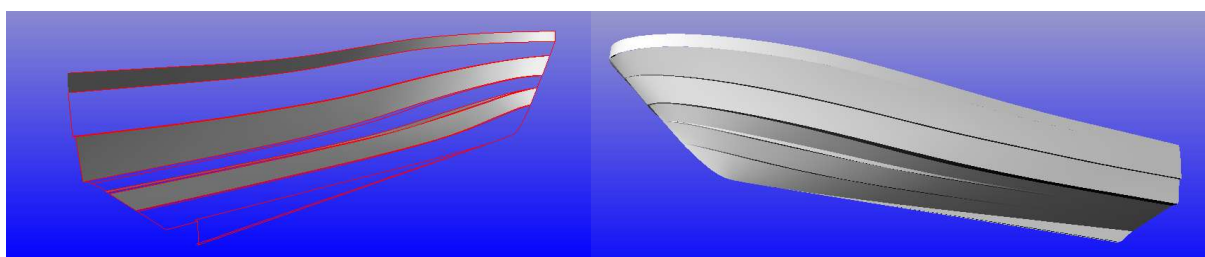
Las formas del casco de la P12 NASAI están diseñadas teniendo en cuenta el trabajo de la embarcación y sus condiciones para la navegación, cruciales para un buen rendimiento del casco en el mar. Las formas de la carena son del tipo V, propia de los barcos de planeo y semiplaneo, aportando una menor resistencia al avance al cortar mejor el oleaje, y en consecuencia una mayor velocidad.

A partir del Plano de Formas (PF) de la embarcación se podrá crear el casco para poder realizarle un estudio de su comportamiento en el mar. Desde el PF 2D con las formas de las cuadernas de la embarcación separadas por 500 mm se exportan a un programa para trabajar las formas en 3D, se utilizará el programa RHINOCEROS EVALUATION. Una vez puestas las cuadernas en su localización se dibujarán unas líneas auxiliares en los vértices de cada cuaderna q darán la forma al casco. Proceso que podemos ver en la siguiente ilustración:



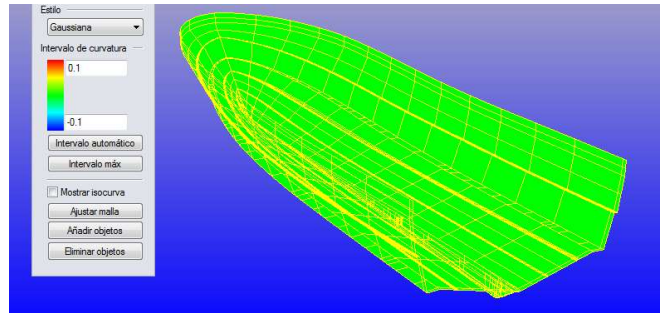
**Ilustración 18. Formas del casco y líneas auxiliares mediante Rhinoceros. Fuente propia**

Las líneas auxiliares facilitarán la creación de superficies, especificando sus límites y direcciones para una mayor definición, a partir de las cuales el programa crea una malla dentro de los límites marcados que compondrá la superficie deseada (ilustración 19).



**Ilustración 19. Creación de superficies de la embarcación P12 NASAI mediante Rhinoceros. Fuente propia**

Una vez definidas las superficies se procederá a realizarles un análisis de curvatura para corroborar que se han creado correctamente y no haya puntos donde se concentren grandes tensiones.



**Ilustración 20. Análisis de curvatura mediante Rhinoceros. Fuente propia**

En la Ilustración 20 se puede observar un color verde que indica una curvatura de las superficies suave y que no hay concentraciones de tensiones ni curvaturas pronunciadas, donde se observarían zonas de color rojo y azul, y en cambios bruscos corresponde a tensiones.

#### 3.4. Dotación

La lancha de practica P12 NASAI IPS dispondrá de una capacidad de 6 personas distribuidas en:

- Banco: 2 plazas
- Asiento regulable patrón: 1 plaza
- Asientos regulables estándares: 3 plazas

En las siguientes imágenes podemos observar la distribución de los asientos en el interior del puente:

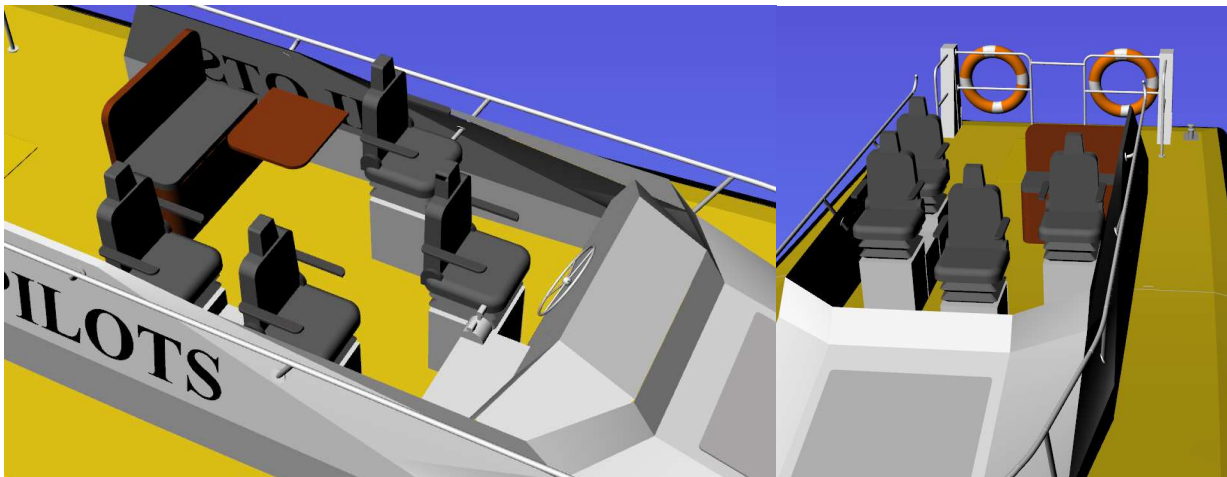


Ilustración 21 y 22. Distribución asientos en el puente, vista de estribor y de proa. Fuente propia

El buque dispone de alojamiento para una tripulación de 2 personas en el Camarote:



Ilustración 23. Disposición interior camarote. Fuente propia

### 3.5. Diseño y ubicación de los refuerzos

Para la posición y número de refuerzos se tendrán en cuenta las formas del casco para reforzar las superficies longitudinalmente y transversalmente, para dar respuesta ante impactos y posibles deformaciones.

#### 3.5.1. Refuerzos longitudinales

En la ilustración 24 podemos observar que el casco tiene distintas superficies separadas por codillos y anti sprays, y en el centro de cada superficie se laminará un refuerzo impidiendo la deformación de estas.

Los refuerzos longitudinales de fondo estarán separados en 500 mm, las esloras de cubierta respetarán las mismas distancias que los refuerzos de fondo, porque así los esfuerzos soportados en cubierta se transmitirán de forma vertical a los refuerzos de fondo mediante los refuerzos en los mamparos, como se muestra en la ilustración 24.

Otros refuerzos longitudinales son los palmejares, correspondiendo a los refuerzos longitudinales de los costados del casco, estos se situarán en el centro de cada superficie de costado.

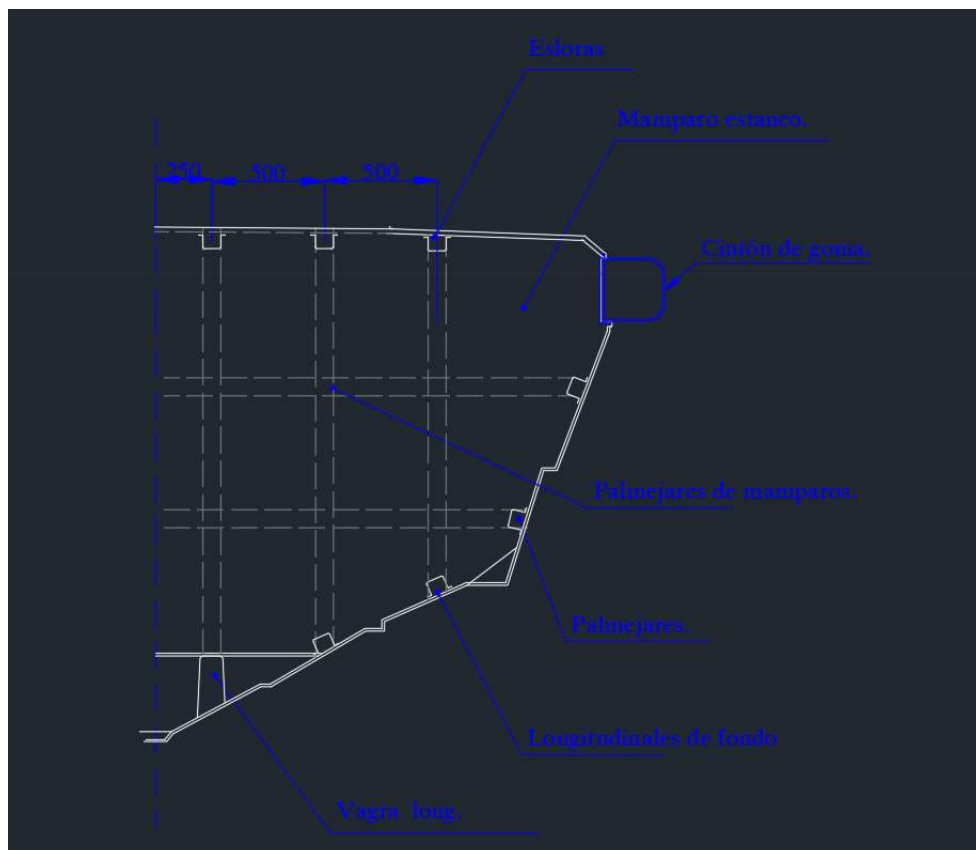


Ilustración 24. Mamparo y refuerzos de la P12 NASAI IPS. Fuente propia

#### 3.5.2. Refuerzos transversales

Los refuerzos transversales que contiene la embarcación y su localización, son los siguientes mostrados con coloración para su identificación en la imagen 25:

-**Varengas**: Refuerzo situado en el doble fondo, realizando también la función de soporte del suelo de bodegas.

-**Bulárcamas**: Prolongación de las varengas por los costados del casco hasta cubierta. Estos refuerzos al igual que las varengas tendrán una separación entre ellos de 1 m, es decir, cada dos cuadernas a excepción de que corresponda esa posición a un mamparo.

-**Baos**: Estos refuerzos situados en la parte interior de la cubierta coinciden con la posición de bulárcamas y varengas, pero en zonas donde los esfuerzos sean mayores, se instalarán estos refuerzos de forma suplementaria, dejando un espaciado entre ellos de 0,5 m. Estas zonas con sobre esfuerzos se encuentran en la sala de máquinas por el peso de los motores y en la cubierta de proa, zona de trabajo para el embarque y desembarque.

-**Mamparos**: Los mamparos son paneles de refuerzo que separan de forma estanca los compartimentos, sobre el cual se laminan refuerzos verticales y horizontales, para transmitir de forma homogénea los esfuerzos ente los refuerzos longitudinales.

Todos estos refuerzos deben coincidir en la posición de las cuadernas, situadas transversalmente en intervalos de 0,5 m de la eslora.

En la siguiente imagen se puede observar la posición de los refuerzos transversales:

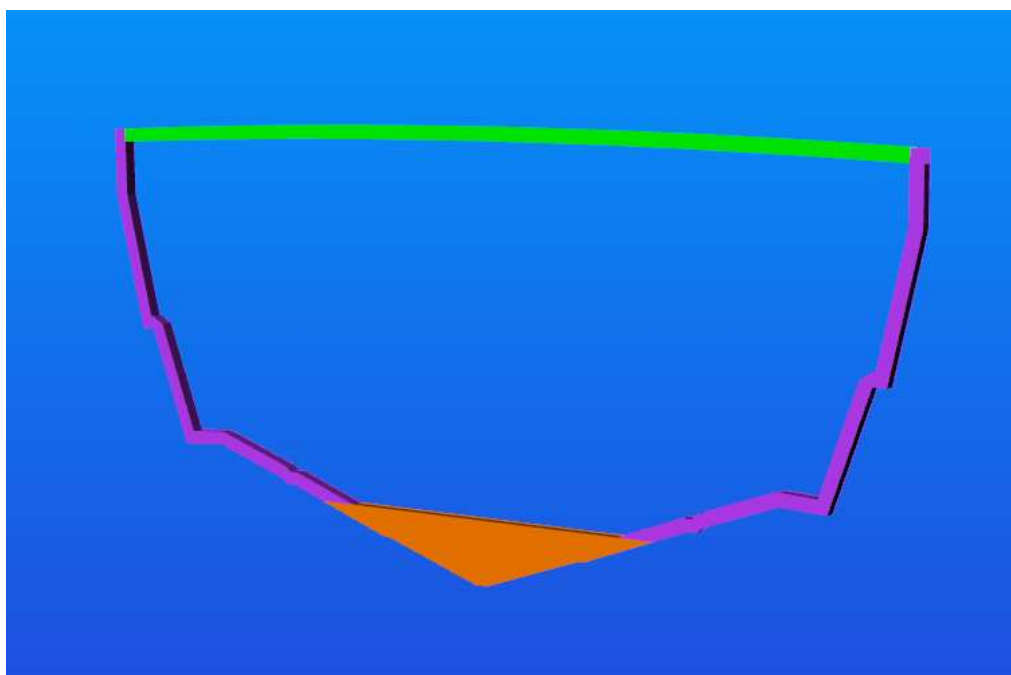


Ilustración 25. Refuerzos transversales. Fuente propia

### 3.6. Cálculos hidrostáticos del casco

A partir del diseño 3D del casco, con el programa MAXSURF STABILITY ADVANCED, podremos hacer un estudio de su comportamiento en el mar, realizaremos el estudio Upright Hydrostatics mediante dicho programa para un trimado previo de 0 mm. A continuación, podemos observar la tabla de resultados del estudio proporcionados por el programa para el casco p12 NASAI, para un rango de 7 calados donde se estima que se encontrara la lancha de prácticos P12 NASAI IPS:

Draftamidships	0,60	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75	0,78
Displacement t	8,094	8,979	9,885	10,81	11,75	12,70	13,68
Heeldeg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,600	0,630	0,660	0,690	0,720	0,750	0,780
Draft at AP m	0,600	0,630	0,660	0,690	0,720	0,750	0,780
Draft at LCF m	0,600	0,630	0,660	0,690	0,720	0,750	0,780
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	10,921	10,958	10,995	11,028	11,060	11,092	11,124
Beam max extents on WL m	3,347	3,369	3,391	3,413	3,435	3,458	3,480
WettedArea m <sup>2</sup>	34,045	35,136	36,199	37,242	38,081	39,077	40,042
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	28,349	29,050	29,712	30,347	30,778	31,358	31,907
Prismaticcoeff. (Cp)	0,755	0,755	0,756	0,757	0,759	0,761	0,763
Block coeff. (Cb)	0,301	0,317	0,332	0,347	0,360	0,372	0,384
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,423	0,445	0,464	0,482	0,498	0,513	0,527
Waterpl. areacoeff. (Cwp)	0,776	0,787	0,797	0,806	0,810	0,818	0,824
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	3,667	3,672	3,681	3,693	3,707	3,723	3,740
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	3,677	3,738	3,796	3,852	3,886	3,937	3,985
KB m	0,420	0,439	0,458	0,477	0,495	0,513	0,531
KG m	0,659	0,659	0,659	0,659	0,659	0,659	0,659
BMt m	2,726	2,586	2,461	2,350	2,221	2,132	2,050
BML m	26,377	24,692	23,265	22,039	20,814	19,898	19,083
GMt m	2,487	2,367	2,260	2,167	2,058	1,986	1,922
GML m	26,138	24,472	23,065	21,857	20,650	19,752	18,955
KMt m	3,146	3,026	2,919	2,826	2,717	2,645	2,581
KML m	26,797	25,131	23,724	22,516	21,309	20,411	19,614

### 3. Diseño y construcción de la embarcación

<b>Immersion (TPc) tonne/cm</b>	0,291	0,298	0,305	0,311	0,315	0,321	0,327
<b>MTctonne.m</b>	0,186	0,193	0,200	0,208	0,213	0,221	0,228
<b>RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m</b>	0,351	0,371	0,390	0,409	0,422	0,440	0,459
<b>Max deckinclinationdeg</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Tabla 3. Resultado de cálculos hidrostáticos mediante el programa MAXSURF. Fuente propia**

Los resultados de esta tabla se han realizado para el rango de calados que están pensados para las formas del casco, obteniendo información del rango de desplazamientos para un comportamiento óptimo del casco y mayor aprovechamiento de las formas del casco reduciendo la resistencia al avance.

### 3.7. Cálculos estructurales del casco

Para el cálculo de la estructura del casco se respetará la normativa AMERICAN BUREAU OF SHIPPING (ABS), tal y como se ha dicho anteriormente.

Uno de los parámetros a definir para el cálculo del espesor del laminado es la velocidad máxima de la P12 NASAI IPS, ya que a mayor velocidad más esfuerzo tendrá que soportar el casco. La velocidad máxima de diseño para esta embarcación será de 30 kn.

Esta normativa aplica el cálculo del espesor del laminado de fibra de vidrio para las distintas secciones del casco:

#### 3.7.1. Laminado de Fondo

El ABS para esta sección calcula el espesor de distinta manera, según sea la embarcación de desplazamiento o de planeo. La P12 NASAI IPS corresponde a embarcaciones de planeo y el procedimiento utilizado según la normativa para el cálculo es el siguiente para embarcación de una velocidad menor o igual de 31kn:

$$t = 0,0384s^3\sqrt{kV}$$

t: espesor del laminado en mm

s: espacio entre refuerzos más corto

k: coeficiente de aspecto

v: velocidad máxima

Para la P12 NASAI IPS, el espaciado entre refuerzos (s) como hemos dicho anteriormente será de 500 mm pero en la zona de crujía se pondrá un adicional sobre la quilla, por lo tanto “s” tendrá un valor de 250 mm. El coeficiente de aspecto se obtiene de la tabla del Anexo A2, sabiendo el tipo de corte de los paneles de laminado, siendo el lado longitudinal más del doble de largo que el lado ancho, los utilizados para la construcción de esta embarcación.

Con estos valores obtendremos un espesor mínimo para el laminado de fondo correspondiente a **8,96 mm**.

#### 3.7.2. Laminado de costado

Siguiendo la misma normativa para esta zona el espesor del laminado se calculará con la siguiente fórmula:

$$t = 0,0510s^3\sqrt{kh}$$

Siendo h un nuevo parámetro respecto a la formula anterior:

h: distancia del doble fondo a la cubierta, h=1,32 m.



Obteniendo un espesor final para el costado de **7,47 mm**.

#### 3.7.3. Laminado de roda y quilla

El valor del espesor de estas zonas depende del espesor del laminado de fondo de la siguiente manera:

$$t_1 = 2t$$

t: laminado de fondo

Siendo **t<sub>1</sub>= 17,93 mm** de espesor.

#### 3.7.4. Codillos, esquinas y estampas

Este espesor también depende del laminado de fondo, pero en este será:

$$t_1 = 1,5t$$

t: laminado de fondo

**t<sub>1</sub>= 13,45 mm**

#### 3.7.5. En zona de codaste

El cálculo es el mismo que el laminado para la roda y quilla, obteniendo un espesor de codaste mínimo de **17,93 mm**.

#### 3.7.6. Cubierta:

$$t = 0,0642s\sqrt[3]{(kch)}$$

s:30

k: 0,028

c: 1, para cubiertas en la parte superior de los tanques

h: según servicio de cubierta, (a,b):

##### a) Laminado de cubierta sin carga

$$h = 0,02L + 0,46$$

L: eslora

##### b) Laminado de cubierta de trabajo

$$h = 0,02L + 0,76$$

•ta=8,63 mm    •tb=9,73 mm

### 3.7.7. Laminado Superestructura

$$t = 0,051s\sqrt[3]{(0,5kh)}$$

h: puntal, 2,02 m

s: espaciado entre refuerzos, 500 mm

**t= 7,77 mm**

### 3.7.8. Laminado del espejo de popa

$$t_1 = 1,5t$$

t: laminado de fondo

**t= 13,45 mm**

### 3.7.9. Laminado tanques de combustible

$$t = 0,051s\sqrt[3]{(0,5kh)}$$

s: espaciado entre refuerzos, 500 mm

h: la mayor de las distancias del fondo del tanque, que en el caso de la embarcación estudiada será de 1,58 m:

- Un punto a 2/3 de la distancia a la cubierta: 1,178 m
- Un punto a 2/3 del techo del tanque al respiro: **1,58 m**
- Un punto a 0.01L+0.15 del techo del tanque: 0,864 m
- Un punto a 0.46 m. del techo del tanque: 1,06 m

**t = 9,02 mm**

### 3.7.10. Laminado de mamparos:

La embarcación P12 NASAI IPS tiene tres mamparos, pero para el laminado de los mamparos utilizaremos la siguiente fórmula solo para uno, será el que obtenga el mínimo espesor reglamentario con los siguientes parámetros utilizados en la ecuación, aunque la variación de espesor será mínima ya que sus dimensiones para el cálculo varían escasamente.

$$t = 0,0404s\sqrt[3]{(kh)}$$

s: luz del lado más corto de panel sin reforzar, 650 mm.

h: distancia del canto bajo del mamparo a cubierta, 0,995 m.

**t= 7,96 mm**

#### Datos y resultados genéricos:

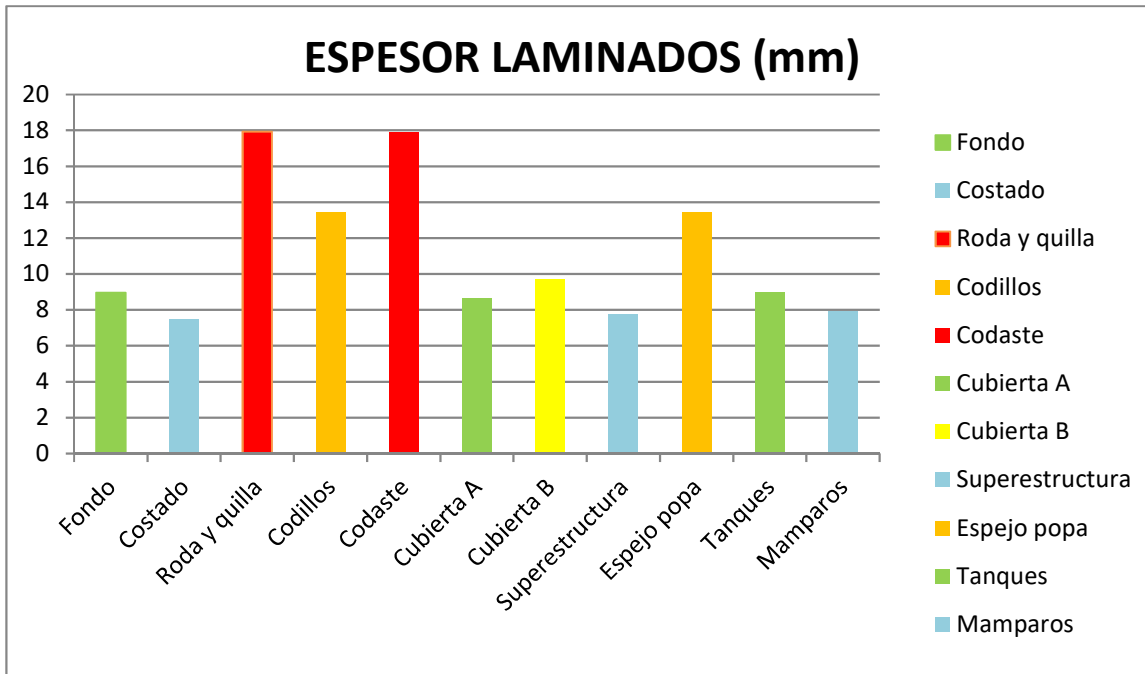


Ilustración 26. Espesor mínimo de laminado para cada elemento. Fuente propia

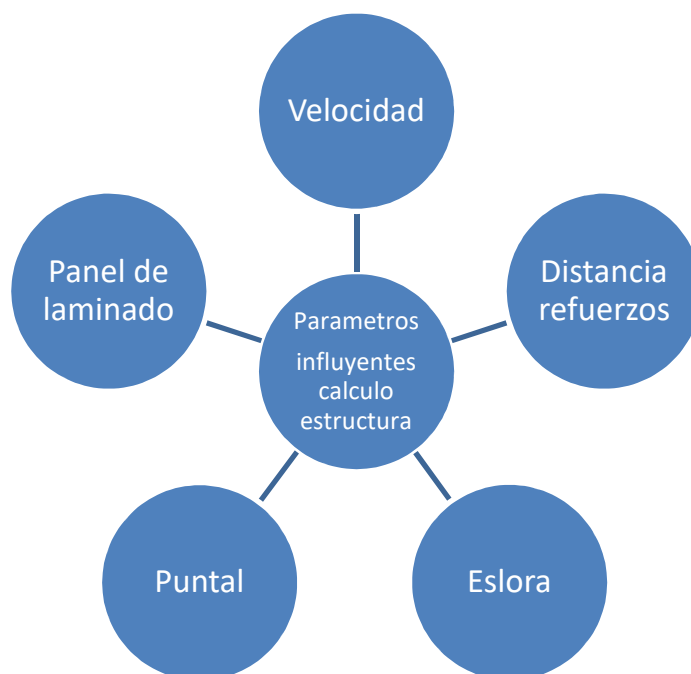


Ilustración 27. Parámetros que influyen en el cálculo de la estructura. Fuente propia.

### 3.8. Cálculos estructurales de los refuerzos

Para el cálculo del laminado de los refuerzos se seguirá la pauta marcada por el ABS, que nos indicará los centímetros cúbicos mínimos del módulo de los refuerzos para cada parte de la embarcación como en el apartado anterior. A diferencia del cálculo del laminado donde el ABS solo nos impone el espesor mínimo, en este apartado también tendremos en cuenta las dimensiones del refuerzo, ya que no soportaran los mismos esfuerzos, por ejemplo, un refuerzo el doble de grande que otro aun teniendo el mismo espesor de laminado.

REFUERZOS	CALCULO	RESULTADO
<b>Longitudinales de fondo</b>	$SM = 4.17 c V s l^2$ c: 0,9 V: velocidad s: espaciado entre longitudinales de fondo, 0,25 m l: luz entre longitudinales de fondo, 1 m	<b>SM= 28,15 cm<sup>3</sup></b>
<b>Baos</b>	$SM = 19,38chs l^2$ h: $0,02L + 0,76$ , L= eslora s: espaciado entre refuerzos, 1m c: 1, para baos situados a una altura superior de los tanques l: luz entre exteriores del refuerzo, 1,8 m	<b>SM= 63,16 cm<sup>3</sup></b>
<b>Esloras de cubierta</b>	$SM = 19,38chs l^2$ h: $0,02L + 0,76$ , L= eslora s: manga total/3 c: 1, para baos situados a una altura superior de los tanques l: luz entre exteriores del refuerzo, 0,9 m	<b>SM= 21,05 cm<sup>3</sup></b>

### 3. Diseño y construcción de la embarcación

<b>Refuerzos de mamparos</b>	$SM = 19,38chs l^2$ c: 0,58 s: distancia entre refuerzos, 0,5 m l: luz entre exteriores del refuerzo, 1,8 m h: puntal, 2,02 m	<b>SM= 36,78 cm<sup>3</sup></b>
<b>Refuerzos de superestructura</b>	$SM = 19,38chs l^2$ c: 1 s: distancia entre refuerzos, 0,5 m l: luz entre exteriores del refuerzo, 1,5 m h: 0,58	<b>SM= 12,65 cm<sup>3</sup></b>
<b>Bulárcamas</b>	$SM = 19,38chs l^2$ c: 1 s: distancia entre refuerzos, 0,5 m l: luz entre exteriores del refuerzo, 1,8 m h: puntal, 2,02 m	<b>SM= 63,42 cm<sup>3</sup></b>
<b>Palmejares</b>	$SM = 19,38chs l^2$ c: 1 s: distancia entre refuerzos, 0,55 m l: luz entre exteriores del refuerzo, 1 m h: puntal, 2,02 m	<b>SM= 19,57 cm<sup>3</sup></b>
<b>Vagras de S. Máquinas</b>	$SM = 4,17cVs l^2$ c: 0,6 s: distancia entre refuerzos, 1 m l: luz entre exteriores del refuerzo, 3,8 m V= velocidad en nudos	<b>SM= 596,53 cm<sup>3</sup></b>

<b>Varengas</b>	$SM = 4,17cVs l^2$ c: 0,6 s: distancia entre refuerzos, 1 m l: luz entre exteriores del refuerzo, 0,92 m V= velocidad en nudos	<b>SM= 63,53 cm<sup>3</sup></b>
-----------------	--	---------------------------------

Tabla 4. Cálculo del módulo mínimo para los refuerzos. Fuente propia

Datos y resultados genéricos:

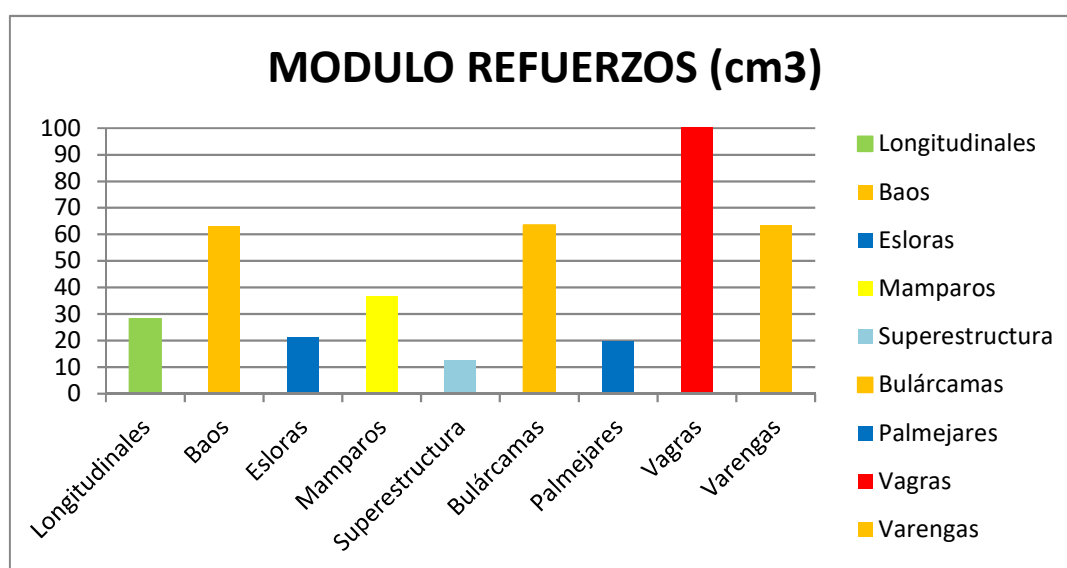


Ilustración 28. Resultado del módulo mínimo para cada refuerzo. Fuente propia



Ilustración 29. Parámetros que influyen en el cálculo de los módulos de los refuerzos. Fuente propia.

## 3.9. Materiales de refuerzo

Los materiales principales de refuerzo son la resina juntamente con la fibra de vidrio, pero también maderas o espumas para incorporarlas en el interior de los refuerzos, obteniendo mayor solidez para las zonas destinadas a soportar mayores esfuerzos como la bancada.

### 3.9.1. Fibra de vidrio

El material principal para la construcción de la embarcación será la fibra de vidrio, utilizando láminas de esta, compuestas por numerosos filamentos.

Estas laminas pueden estar compuesta por los filamentos unidireccionales, en todas direcciones o bidireccional, pudiendo estar cruzadas en  $-45^\circ/45^\circ$  o  $90^\circ/0^\circ$ . En la siguiente imagen podemos observar estas composiciones:



**Ilustración 30. Mat (todas direcciones), a  $-45^\circ/45^\circ$  y unidireccional, respectivamente. FUENTE PROPIA**

Según la función a desempeñar de cada zona laminada obtendremos mejores resultados con una composición de los hilos cruzados en el ángulo más adecuado para dicha zona o por ejemplo en el caso de los refuerzos sería innecesario poner un panel de hilos bidireccionales, porque el refuerzo trabaja como tal en su longitud y no transversalmente, así que lo más adecuado sería un unidireccional en dirección longitudinal del refuerzo, siendo importante también la parte económica.

Los paneles de laminado se diferencian en el mercado también por los gramos en metros cúbicos que los componen, habiendo tejidos Roving, con los hilos en una o dos direcciones concretas y Mats, en todas direcciones.

Los tejidos Roving son los paneles de laminado que mayor refuerzo aportan a la embarcación, siendo los tejidos que más gramos tienen por metro cuadrado.

El Mat aporta más contacto entre superficies para una mejor unión, así que entre tejidos Roving siempre se laminara como mínimo un Mat, también aporta un acabado final más liso y compacto.

Para la P12 NASAI IPS utilizaremos un tejido Roving de  $850 \text{ g/m}^2$  donde el mismo tejido estará compuesto por un Mat de  $400 \text{ g/m}^2$  por la otra cara, y otro Mat de  $450 \text{ g/m}^2$  como única capa del panel.

### 3.9.2. Resina

La resina es encargada de unir las capas de fibra de vidrio y catalizar para obtener unos resultados del laminado resistentes. Es una sustancia líquida y viscosa para facilitar la distribución de esta sobre los paneles de fibra.

Hay una gran diversidad de resinas según el método que utilices para el laminado y la función que tenga ese laminado.

Para la embarcación de practica utilizaremos resina de poliéster que con la adición de productos químicos adecuados se transforma de un estado líquido a un estado sólido, sin posibilidad de volver al estado líquido.

Esto nos permitirá un curado a temperatura ambiente, moldear piezas grandes y complejas, obteniendo una excelente resistencia en ambientes químicamente agresivos con buenas propiedades mecánicas y eléctricas.

Hay dos tipos de resinas de poliéster que se utilizarán para la construcción de la embarcación de practica, las ortoftálicas y las isoftálicas:

Las ortoftálicas son más rígidas que las isoftálicas y con tiempos de gelificación más largos, permitiendo más tiempo para moldear piezas antes de catalizarse.

Por otro lado, las resinas isoftálicas tienen mayor resistencia al agua, mayor resistencia química y mejores propiedades mecánicas aportando mejor resistencia ante impactos.

Así pues, la resina isoftálica será utilizada para la construcción del casco y a ortoftálica para el resto de la embarcación, ya que solo el casco está en continuo contacto con el agua y para el resto de la embarcación no será necesario, reduciendo el coste al ser más económica la resina ortoftálica.

En la siguiente imagen podemos observar las etapas de curado de la resina con sus cambios de temperatura.

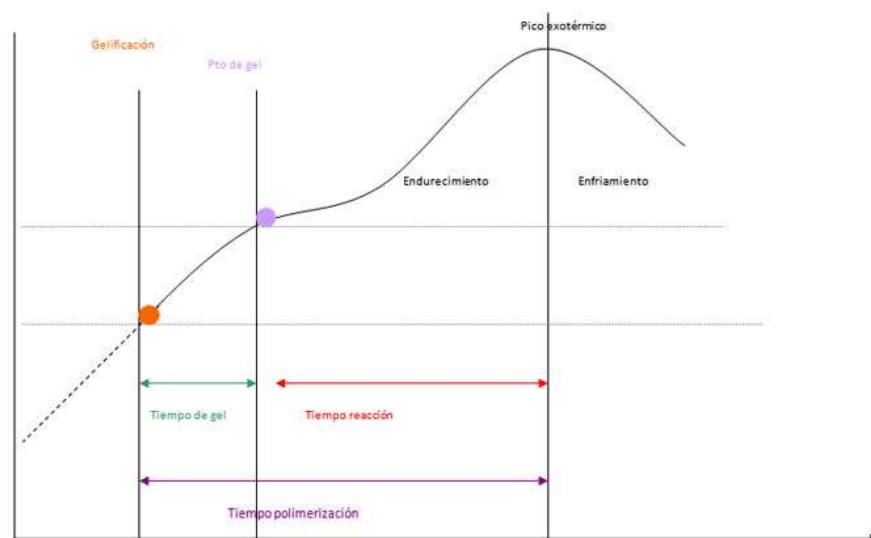


Ilustración 31. Tiempos de curación generales de la resina. Fuente GazechimComposites Ibérica



### 3.10. Composición del laminado

La composición de las capas para el laminado dependerá del espesor mínimo calculado en el apartado 3.7., para ello calcularemos primero el espesor de laminado para el tejido Roving 850 y los Mats 400 y 450.

Para este cálculo utilizaremos los coeficientes indicados por el ABS basados en las relaciones de cantidad entre resina y fibra, siendo el espesor de laminado para el Mat 0,25 por cada 100 g de Mat y 0,16 por cada 100g de tejido Roving:

- Espesor laminado de Mat 400  $\text{g/m}^2 = 400 \cdot 0,25 = 100/100 = 1 \text{ mm}$
- Espesor laminado de Mat 450  $\text{g/m}^2 = 450 \cdot 0,25 = 112,5/100 = 1,125 \text{ mm}$
- Espesor laminado de Roving 850  $\text{g/m}^2 = 850 \cdot 0,16 = 136/100 = 1,36 \text{ mm}$

Siendo el espesor del tejido 850/400 de 2,36 mm

#### 3.10.1. Composición laminado paneles

En todas las composiciones de laminado para cada zona de laminado empezara y terminara con un Mat para un mejor acabado más suave y compacto.

Elemento estructural	Espesor de reglamento (mm)	Espesor de proyecto (mm)	Secuencia de laminado de proyecto
Fondo	8,96	9,33	Mat450 + 3(combimat 850/400) + mat450
Costado	7,47	8,095	Mat450 + 2(combimat 850/400) + 2mat450
Roda y quilla	17,93	18,66	2(Mat450 + 3(combimat 850/400) + mat450)
Codillos	13,45	13,94	Mat450 + 4(combimat 850/400) + 3mat450
Codaste	17,93	18,66	2(Mat450 + 3(combimat 850/400) + mat450)
Cubierta A	8,63	9,33	Mat450 + 3(combimat 850/400) + mat450
Cubierta B	9,73	10,455	Mat450 + 3(combimat 850/400) + 2mat450
Superestructura	7,77	8,095	Mat450 + 2(combimat 850/400) + 2mat450
Espejo popa	13,45	13,94	Mat450 + 4(combimat 850/400) + 3mat450
Tanques	9,02	9,33	Mat450 + 3(combimat 850/400) + mat450
Mamparos	7,96	8,095	Mat450 + 2(combimat 850/400) + 2mat450

Tabla 5. Espesor de proyecto y secuencia de laminado para cada elemento estructural. Fuente propia

Para el laminado del codaste, roda y quilla como podemos observar es el doble del laminado del fondo, ya que las capas de babor y estribor del fondo se solapan en la zona de crujía con la técnica denominada ensamblaje francés, más adelante se explicará dicho método.

En el caso de los codillos y el espejo de popa se laminaria con la misma secuencia del laminado de fondo, pero añadiendo una capa de combimat 850/400 más dos Mats de 450.

### 3.10.2. Composición laminado refuerzos

Como se ha comentado anteriormente para que los refuerzos cumplan con la normativa ABS no solo se tendrá en cuenta el laminado del refuerzo, sino también sus dimensiones para cumplir con el módulo mínimo exigido.

Para el laminado de los refuerzos utilizaremos la siguiente secuencia, que mediante el programa Composite se introducirán los datos de la secuencia y obtendremos también el espesor y la densidad para dicho laminado:

	Layer Label	Angle(deg)	Th(mm)
1	MAT 450	0,00	1,12
2	ROBIN 850	0,00	1,36
3	MAT 400	0,00	1,01
4	ROBIN 850	0,00	1,36
5	MAT 400	0,00	1,01
6	MAT 450	0,00	1,12

Ilustración 32. Secuencia de laminado de los refuerzos mediante el programa Composite. Fuente propia

LAMINATE RESULTS			
Thickness:	6.99	mm	Weight: 10.203 Kg/m2

Ilustración 33. Espesor y densidad del laminado de los refuerzos mediante Composite. Fuente propia

Las dimensiones de los refuerzos no suelen personalizarse para cada sección, sino que los astilleros acostumbran a tener varios moldes para laminar los refuerzos, para la P12 NASAI IPS utilizaremos refuerzos tipo Omega de 60.80.7, 100.70.7 y 300.200.7, este tipo de refuerzo corresponde al de la imagen 34, con fibra en la parte superior y laterales. Con estas medidas se respetarán las proporciones de laminado implantadas por el ABS correspondientes a la siguiente imagen:

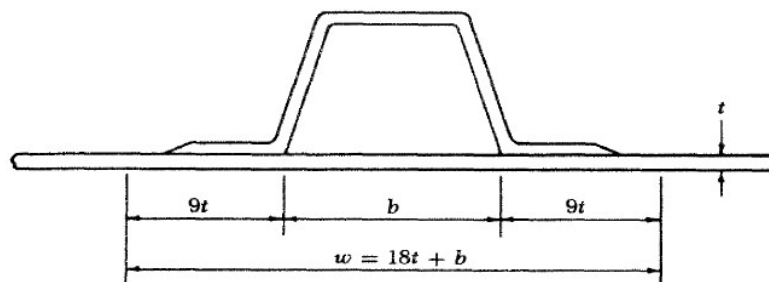


Ilustración 34. Perfil de un refuerzo con datos para realizar el cálculo del módulo. Fuente ABS

### Refuerzo1. Cálculo del modulo del refuerzo 60.80.7:

Para el cálculo del modulo de este refuerzo y de los restantes se seguirán los siguientes pasos:

- 1- Calcularemos las áreas de cada xapa del refuerzo a partir de sus alturas y anchuras
- 2- Distancia del centro de cada xapa ala linea base
- 3- Momentos a la linea base para cada xapa (área x distancia), para encontrar el eje neutro del momento del refuerzo
- 4- Cálculo del momento de inercia sobre el propio eje de cada xapa=  $\frac{1}{12} (ancho \cdot alto)^3$
- 5- Area total del refuerzo más la de la xapa base
- 6- Distancia del eje neutro a la linea base=suma de momentos calculados en el punto 3 dividido entre el área total del punto 5
- 7- Momento de inercia sobre el eje neutro para cada xapa= momento del punto 4 + área del elemento x (distancia del punto 6)^2
- 8- Suma de momentos de inercia del punto 7, obteniendo el momento de inercia del refuerzo
- 9- Distancia de la fibra mas alejada del eje neutro= distancia de la fibra a la linea base – distancia del punto 6
- 10- Modulo del refuerzo más xapa asociada= Momento inercia total del punto 8/ distancia del punto 9

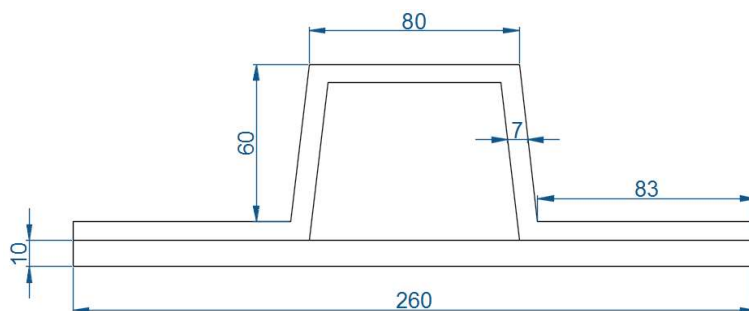


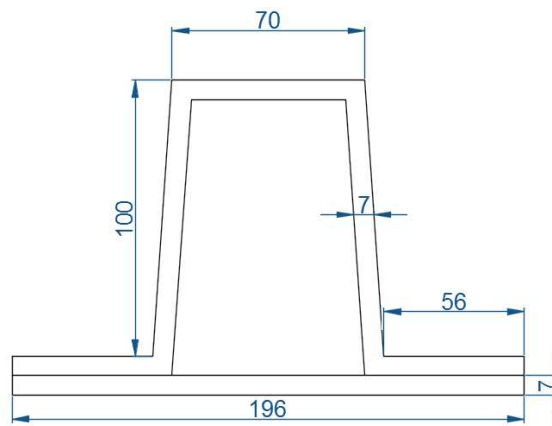
Ilustración 35. Perfil y medidas del refuerzo O-80.60.7. Fuente propia

Elemento	Ancho (cm)	Alto (cm)	1-Área del elemeto (m^2)	2-Distancia a la linea base (cm)	3-Momentos a la linea de base	4-Momentos de inercia sobre su eje (cm^4)	7-Momentos de inercia sobre el eje neutro (cm^4)
Chapa superior	8	0,7	5,6	7,35	41,16	0,229	160,274
Chapas laterales	1,4	6	8,4	4	33,6	25,2	58,665
Chapas laterales inferiores	16,6	0,7	11,62	1,35	15,687	0,474	5,445
Chapa ABS	26	1	26	0,5	13	2,167	60,98

Tabla 6.Cálculos para la obtención del módulo del refuerzo O-80.60.7. Fuente propia

- 5-Área total refuerzo + chapa= 51,62 cm<sup>2</sup>
- 6-Distancia del eje neutro a la línea de base= 2,004 cm
- 8-Momento de inercia total= 285,3644 cm<sup>4</sup>
- 9-Distancia de la fibra mas alejada del neutro= 5,6959 cm
- 10-Modulo de refuerzo +chapa asociada= **50,099 cm<sup>3</sup>**

**Refuerzo2. Cálculo del modulo del refuerzo 100.70.7:**



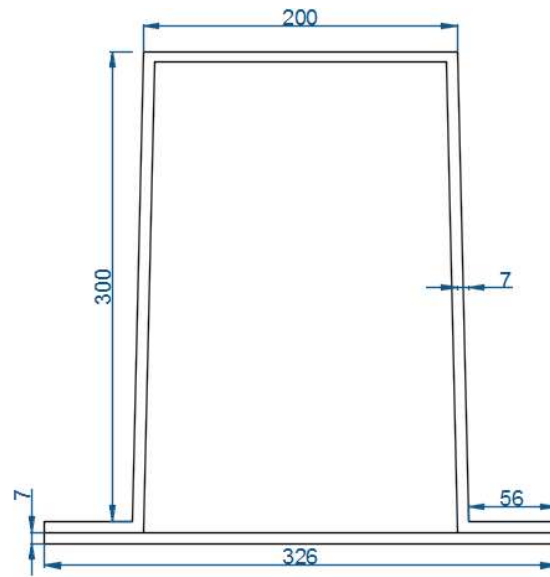
**Ilustración 36. Perfil y medidas del refuerzo O-100.70.7. Fuente propia**

Elemento	Ancho (cm)	Alto (cm)	1-Área del elemento (m <sup>2</sup> )	2-Distancia a la línea base (cm)	Momentos a la línea de base	Momentos de inercia sobre su eje (cm <sup>4</sup> )	Momentos de inercia sobre el eje neutro (cm <sup>4</sup> )
Chapa superior	7	0,7	4,9	11,05	54,145	0,2	269,78
Chapas laterales	1,4	10	14	5,7	79,8	116,667	176,499
Chapas laterales inferiores	11,2	0,7	7,84	1,05	8,232	0,32	52,616
Chapa ABS	19,6	0,7	13,72	0,35	4,802	0,560	148,408

**Tabla 7. Cálculos para la obtención del módulo del refuerzo O-100.70.7. Fuente propia**

- 5-Área total refuerzo + chapa= 40,46 cm<sup>2</sup>
- 6-Distancia del eje neutro a la línea de base= 3,63269 cm
- 8-Momento de inercia total= 647,3032 cm<sup>4</sup>
- 9-Distancia de la fibra mas alejada del neutro= 7,7673 cm
- 10-Modulo de refuerzo +chapa asociada= **83,3369 cm<sup>3</sup>**

**Refuerzo3. Cálculo del modulo del refuerzo 300.200.7:**



**Ilustración 37. Perfil y medidas del refuerzo O-300.200.7. Fuente propia**

Elemento	Ancho (cm)	Alto (cm)	1-Area del elemeto (m <sup>2</sup> )	2-Distancia a la línea base (cm)	Momentos a la línea de base	Momentos de inercia sobre su eje (cm <sup>4</sup> )	Momentos de inercia sobre el eje neutro (cm <sup>4</sup> )
Chapa superior	20	0,7	14	31,05	434,7	0,572	4657,134
Chapas laterales	1,4	30	42	15,7	659,4	3150	3500,216
Chapas laterales inferiores	11,2	0,7	7,84	1,05	8,232	0,32	1085,008
Chapa ABS	32,6	0,7	22,82	0,35	7,987	0,932	3545,115

**Tabla 8.Cálculos para la obtención del módulo del refuerzo O-300.200.7. Fuente propia**

- 5-Area total refuerzo + chapa= 86,66 cm<sup>2</sup>
- 6-Distancia del eje neutro a la línea de base= 12,81235 cm
- 8-Momento de inercia total= 12787,4724 cm<sup>4</sup>
- 9-Distancia de la fibra mas alejada del neutro= 18,5876 cm
- 10-Modulo de refuerzo +chapa asociada= **687,9556 cm<sup>3</sup>**

**Designación de refuerzos:**

En la siguiente tabla se puede observar las dimensiones de cada refuerzo según los mínimos impuestos por el ABS:

Elemento estructural	Modulo minimo del reglamento (cm <sup>4</sup> )	Dimensiones del refuerzo de proyecto	Modulo real del proyecto (cm <sup>4</sup> )
<b>Longitudinales</b>	28,15	Refuerzo1-O 60.80.7	<b>50,099</b>
<b>Baos</b>	63,16	Refuerzo2-O 100.70.7	<b>83,3369</b>
<b>Esloras</b>	21,05	Refuerzo1-O 60.80.7	<b>50,099</b>
<b>Mamparos</b>	36,78	Refuerzo1-O 60.80.7	<b>50,099</b>
<b>Superestructura</b>	12,65	Refuerzo1-O 60.80.7	<b>50,099</b>
<b>Bulárcamas</b>	63,42	Refuerzo2-O 100.70.7	<b>83,3369</b>
<b>Palmejares</b>	19,57	Refuerzo1-O 60.80.7	<b>50,099</b>
<b>Vagras</b>	596,53	Refuerzo3-O 300.200.7	<b>687,9556</b>
<b>Varengas</b>	63,53	Refuerzo1-O 100.70.7	<b>83,3369</b>

**Tabla 9. Designación de dimensiones de cada refuerzo para cada elemento estructural. Fuente propia**

Atraves de esta tabla se puede observar que el módulo de los refuerzos de proyecto superan con un margen considerable el mínimo exigido por el ABS, obteniendo una embarcación bien reforzada de cara a posibles deformaciones, alargando así su vida útil. También dejando un margen de error del cálculo asumible.

#### 3.11. Cálculo de pesos de estructura

Para calcular el peso de la embarcación se utilizará primero el programa Rhinoceros para obtener el área total de los paneles laminados de la P12 NASA IPS, y posteriormente mediante el programa COMPOSITE, donde se introducirán las secuencias de capas del laminado, especificando el tipo de Mat, tejido Roving y resina a utilizar para cada zona de laminado, así obtendremos el peso por metro cuadrado del laminado, y junto al área correspondiente del laminado obtendremos el peso de cada zona.

Primeramente mediante el COMPOSITE definimos los tejidos MAT y ROVING, indicando los  $\text{kg/m}^2$  de cada tejido, el tipo de fibra E Glass, el tipo de resina Poliester y la relación de porcentaje fibra-resina para alcanzar el espesor correspondiente al indicado por el ABS. Siendo el porcentaje del 28,4% de fibra para los mats y un 40,7% de fibra para el tejido rovin.

##### 3.11.1. Peso del laminado estructural

Una vez introducidas la secuencia para el laminado obtenemos el espesor y la densidad ( $\text{kg/m}^2$ ) para cada elemento estructural, como podemos observar en la siguiente imagen correspondiente al laminado de fondo:

	Layer Label	Angle(deg)	Th(mm)
1	MAT 450	0,00	1,12
2	ROBIN 850	0,00	1,36
3	MAT 400	0,00	1,01
4	ROBIN 850	0,00	1,36
5	MAT 400	0,00	1,01
6	ROBIN 850	0,00	1,36
7	MAT 400	0,00	1,01
8	MAT 450	0,00	1,12

Ilustración 38. Secuencia de laminado de fondo. Fuente propia

LAMINATE RESULTS			
Thickness:	9,37	mm	Weight: 13,720 Kg/m2

Ilustración 39. Espesor y densidad del laminado de fondo. Fuente propia

Estos datos junto al área del laminado obtenemos el peso correspondiente:

Elemento estructural	Área de laminado $\text{m}^2$	Densidad $\text{Kg/m}^2$	Peso kg
Fondo	33,08	13,72	453,85
Costado	34,57	11,72	405,16
Roda y quilla	3,86	27,44	105,91
Codillos	5,32	20,4	108,53

<b>Codaste</b>	0,44	27,44	12,07
<b>Cubierta A</b>	25,31	13,72	347,25
<b>Cubierta B</b>	20,04	15,3	306,61
<b>Superestructura</b>	20,6	11,72	241,43
<b>Espejo popa</b>	5	20,04	100,2
<b>Tanques</b>	8,22	13,72	112,78
<b>Mamparos</b>	15,3	11,72	179,31
<b>PESO TOTAL</b>			<b>2373,11</b>

Tabla 10. Cálculo del peso de laminado de los elementos estructurales. Fuente propia

### 3.11.1. Peso del laminado estructural

Todos los refuerzos se han laminado con la misma secuencia, así que todos tendrán la misma densidad de laminado, cambiando únicamente entre ellos el área de cada refuerzo. A continuación, podemos observar la secuencia y la densidad obtenidas mediante el COMPOSITEIT:

	Layer Label	Angle(deg)	Th(mm)
1	MAT 450	0,00	1,12
2	ROBIN 850	0,00	1,36
3	MAT 400	0,00	1,01
4	ROBIN 850	0,00	1,36
5	MAT 400	0,00	1,01
6	MAT 450	0,00	1,12

Ilustración 40. Secuencia de laminado de los refuerzos. Fuente propia

LAMINATE RESULTS			
Thickness:	6.99	mm	Weight: 10.203 Kg/m2

Ilustración 40-1. Espesor y densidad del laminado de los refuerzos. Fuente propia

Para el cálculo de las áreas de los refuerzos se ha tenido en cuenta la longitud total de cada refuerzo y las medidas de la parte superior del refuerzo, laterales y los laterales inferiores que unen el refuerzo al laminado a reforzar. En la siguiente tabla se muestran los resultados:

Elemento estructural	Area (cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>2</sup> )	Peso (Kg)
<b>Longitudinales</b>	19,552	10,203	199,489056



### 3. Diseño y construcción de la embarcación

<b>Baos</b>	16,38952	10,203	167,222273
<b>Esloras</b>	22,97016	10,203	234,364542
<b>Mamparos</b>	19,455462	10,203	198,504079
<b>Superestructura</b>	14,47896	10,203	147,728829
<b>Bulárcamas</b>	28,443456	10,203	290,208582
<b>Palmejares</b>	18,28902	10,203	186,602871
<b>Vagras</b>	8,4512	10,203	86,2275936
<b>Varengas</b>	8,43432	10,203	86,055367
<b>PESO TOTAL</b>			<b>1596,40319</b>

Tabla 11. Cálculo del peso de laminado de los refuerzos. Fuente propia

Con el peso calculado de los paneles de laminado (**2373,11 kg**) más el de los refuerzos (**1596,4 kg**) obtenemos un peso total de la estructura para la P12 NASAI IPS de **3,969 toneladas**.

<b>PESO (t)</b>	<b>• ELEMENTOS</b>
<b>2,373</b>	• Paneles de laminado
<b>1,596</b>	• Refuerzos
<b>3,969</b>	• Peso total estructura

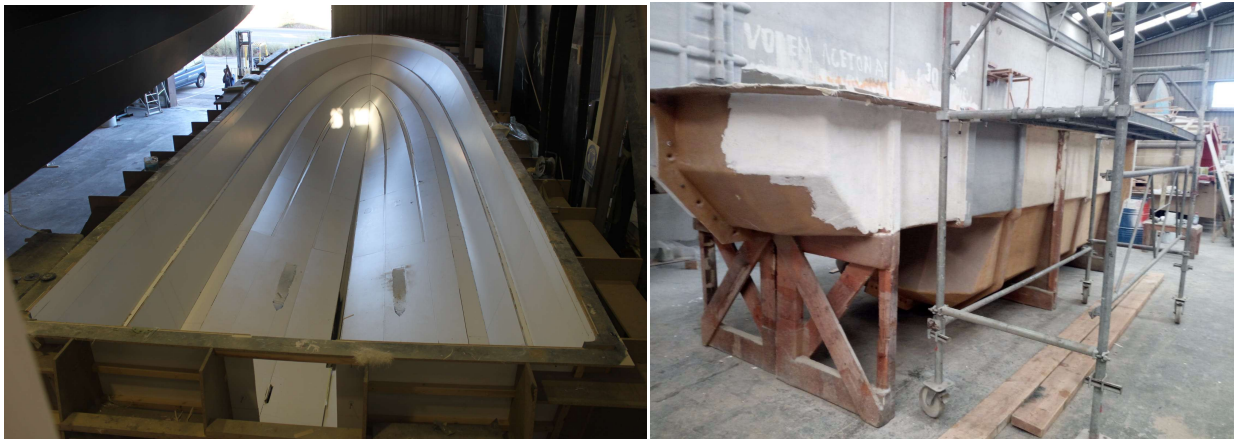
Ilustración 41. Cálculo del peso total del laminado estructural. Fuente propia

### 3.12. Procesos de construcción

Hay varios procesos de construcción, los implementados para la construcción de la P12 NASAI IPS serán el laminado convencional con rodillos y por infusión, este último más innovador y con menor uso de resina para el laminado. A continuación, se definen de forma más detallada.

#### 3.12.1. Laminado convencional

El punto de partida para laminar es el molde, que puede ser tipo one-off, es decir, de un solo uso y hecho de madera, o bien un molde de fibra de vidrio, más resistente del cual pueden laminarse varias embarcaciones. Normalmente el molde de fibra se suele laminar a partir de un casco, cubierta o bien un puente ya laminados a partir de un one-off, por ejemplo, en el caso del casco, colocando este boca abajo y laminando sobre él. En las imágenes 42 y 43 se muestran los dos tipos de moldes.



**Ilustración 42 y 43. Molde tipo on-off y molde de fibra de vidrio reforzado, respectivamente. Fuente propia**

Una vez tenemos un molde, bien sea un one-off o un molde de fibra, primero se encera toda la superficie para que en el momento de desmoldar salga con mayor fluidez. Una vez encerado se le aplica el llamado gelcoat, es una resina modificada que proporcionará un acabado de calidad en la superficie visible; más lisa, brillante y colorida con el tono elegido para dicha superficie. Normalmente se aplica de 0.5 a 0.8 mm de espesor. Los gelcoats están diseñados para ser duraderos, proveer resistencia contra rayos UV e hidrólisis.

Posteriormente se laminan las capas de fibra de vidrio una por una, impregnándolas de resina con el rodillo, pudiéndose hacer también con una pistola y compresor. Como prevención a subidas de temperatura en el laminado, a causa de la catalización de la resina, no se laminarán más de tres capas de golpe, para así mantener las cualidades de la fibra y eliminando la posibilidad de que pueda quemarse todo lo que está en contacto al laminado. A medida que se vayan laminando capas se pasará un rodillo metálico para extraer posibles burbujas de aire que hayan podido producirse durante el laminado, ya que serían muy perjudiciales. En la siguiente imagen se puede observar el rodillo metálico.



**Ilustración 44. Rodillos metálicos para sacar burbujas de aire en el proceso de laminado. Fuente Suzhouprk**

Después del laminado se aplica sobre él una tela de Peelply, correspondiente a la imagen 45, que proporcionará un acabado rugoso, facilitando un laminado posterior, ya sea para que se adhieran más capas o para laminar refuerzos.



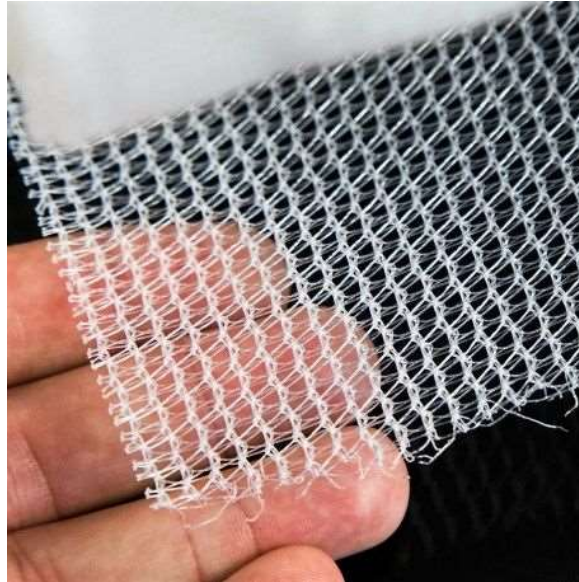
**Ilustración 45. Tela Peelply. Fuente Carbonmods**

#### **3.12.2. Laminado mediante infusión**

Este método se diferencia básicamente en la aplicación de la resina, con el fenómeno de vacío, sin la necesidad de uso de rodillos ni pistolas.

Primero con el molde previamente limpio, se encera la superficie a laminar y se le aplica el gelcoat como en el proceso anterior. Posteriormente se procede a la colocación de las fibras de vidrio en seco en su secuencia correspondiente, poniendo por último la tela de Peelply para un acabado rugoso, y en este caso

también ayudara a evitar que la malla de distribución, mostrada en la imagen 46, quede unida al laminado por la resina, esta malla facilitara la distribución de la resina y se colocara por encima de la tela de Peelply.



**Ilustración 46. Malla distribuidora de resina para infusión. Fuente Castrocompositesshop**

Se colocan tubos de plástico para poder extraer el aire en el momento del vacío, mediante el uso de bombas o generadores de vacío. Antes de que el tubo entre contacto con la bomba se colocara una trampa para la resina, llamado calderín, impidiendo que, a causa de un exceso de resina, común en este método para que toda la fibra se impregne, la bomba absorba este exceso, quedándose almacenada en el calderín.

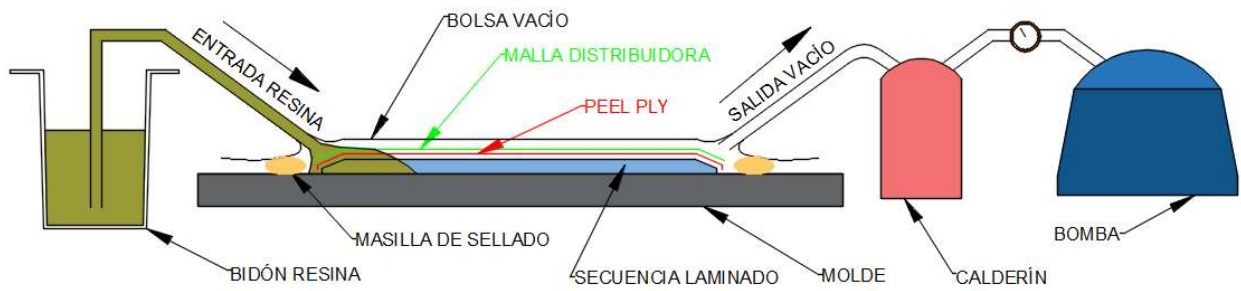
Para la entrada de resina sobre el laminado se utilizarán tubos translucidos de un material que resista a los agentes químicos de la resina y al vacío para que no corte el paso del flujo. Estos tubos distribuirán la resina catalizada de un bidón a varios puntos del laminado, situados de tal manera que junto a la salida del aire de vacío la resina se reparta por toda la zona a reforzar. La resina para el método de infusión será menos viscosa que la utilizada en el laminado a rodillo, teniendo mayor fluidez.

Una vez colocados los paneles de fibra y los tubos, se cubre todo con una bolsa de vacío, resistente a agentes químicos, con facilidad para adaptarse a la geometría a cubrir y transparente para controlar la circulación de resina.

La bolsa de vacío se sellará incorporando una masilla en todo el perímetro de la bolsa junto al molde, esta masilla deberá ser relativamente fácil de extraer.

En la siguiente imagen se muestra el proceso de infusión por vacío.





**Ilustración 47. Elementos y proceso del laminado por infusión. Fuente propia**

#### 3.12.3. Proceso construcción casco

Para la construcción del casco, sea por el método de infusión o laminando a rodillo, se coloca o se lamina toda la superficie del molde con la secuencia de laminado con menos capas, y posteriormente se laminan las capas restantes de la secuencia de laminado de las zonas que tengan más espesor de proyecto. De esta forma el panel de laminado será lo más largo posible teniendo continuidad en toda la superficie, evitando cortes de panel innecesarios que restarían efectividad de refuerzo.

Una vez se laminen las capas, se extrae la tela de Peelply y se laminan los refuerzos sobre la superficie interior del casco, posteriormente se soldarán con capas de fibra los mamparos previamente laminados en un molde plano.



**Ilustración 48. Colocación de los refuerzos y mamparos sobre el casco. Fuente propia**

Una vez laminados y curados en el casco los refuerzos y mamparos del casco se procederá al desmoldeo mediante una grúa. Se desmolda después de laminar los refuerzos y mamparos para evitar deformaci



**Ilustración 49. Momento del desmoldeo del casco. Fuente propia**

Finalmente se realiza una reparación postdesmoldeo con masillas y un lijado de calidad en toda la superficie exterior del casco, para obtener un acabado liso reduciendo al máximo posible resistencia al avance.



**Ilustración 50. Reparación del casco postdesmoldeo. Fuente propia**

#### 3.12.4. Proceso construcción cubierta

Se realiza el mismo proceso que con el casco, pero al ser el molde plano, en este caso si se hiciera por el método de infusión los refuerzos se colocarían sobre las capas de fibra en seco y sobre PVC con las dimensiones interiores del refuerzo, una vez todo colocado se procedería a la infusión. Con los mamparos se realizaría de la misma forma.



**Ilustración 51 y 52. Colocación fibras y refuerzos previos a la infusión; expansión de la resina en el proceso de infusión. Fuente propia**

Las zonas de la cubierta donde se vaya a atornillar bitas, cornamusas u otras piezas similares, se reforzarán con chapas de acero inoxidable laminadas para una mejor sujeción y menor daño en la cubierta a la hora de soportar esfuerzos, mostrado en las siguientes imágenes.



**Ilustración 53 y 54. Chapa de sujeción de la bita; bita fijada en cubierta. Fuente propia**

Las zonas de fibra de vidrio donde se colocarán las escotillas se cortarán.



### 3.12.5. Proceso construcción superestructura

Se seguirá el mismo proceso que con el casco para su laminado, y una vez sacado del molde se lijara la parte exterior para un acabado de la superficie liso que facilite el deslizamiento de agua para que esta no se acumule y se pintara.

Se recortarán las zonas allí donde vaya a colocarse los cristales y en el morro del puente la escotilla, como se muestra en la siguiente imagen, y se reforzará la zona del techo donde se situarán las antenas y el radar.



Ilustración 55. Puente de la embarcación P12 NASAI IPS recortada para la colocación de cristales. Fuente propia

### 3.12.6. Proceso construcción quilla, roda y codaste

Estas zonas el espesor de proyecto es el doble que el de los paneles de sus extremos, por ejemplo, la quilla, tiene el doble de espesor de laminado de fondo del casco.

En estas zonas se solapan las capas de laminado de estribor con las de babor, uniéndose en la quilla. La manera en que se solaparán será con el llamado ensamblaje francés, el cual consiste en el caso de la quilla, en poner una capa del laminado de fondo de babor encima de la lámina de estribor hasta cubrir la zona de la quilla como mínimo y viceversa de forma secuencial y cada vez se prolonga menos cada capa, solapando hasta alcanzar el laminado de proyecto. A continuación, se muestra un ejemplo del ensamblaje.



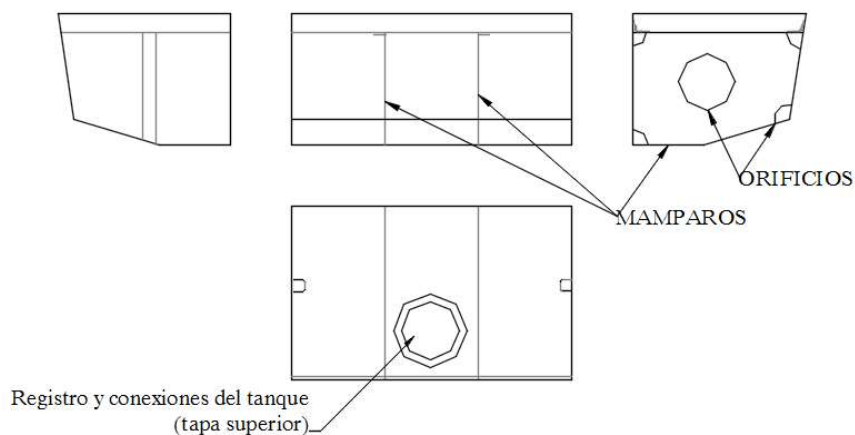


**Ilustración 56. Ensamblaje de capas de laminado en zonas de solape. Fuente propia**

#### 3.12.7. Proceso construcción tanques

Los tanques que también se laminarán a partir de un molde, se construirán con dos mamparos en el interior, dichos mamparos tendrán un orificio en el centro y en los extremos para que no sean estancos y circule el fluido, tal y como se observa en la imagen 57. Estos mamparos reducirán el fenómeno de superficies libres, así cuando la embarcación este en movimiento provocando también el movimiento del combustible, este no favorecerá la oscilación como un tanque sin mamparos, dando más estabilidad.

La tapa de los tanques se soldará con fibra de vidrio una vez se hayan puesto los mamparos.

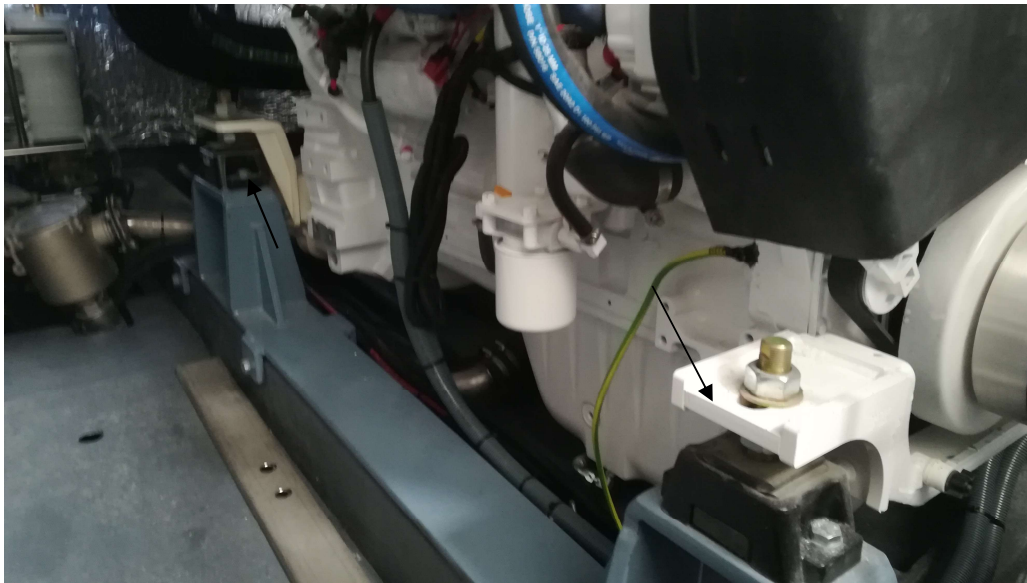


**Ilustración 57. Rodillos Planta alzado y perfiles del tanque de combustible. Fuente propia**

### 3.13. Montaje Final

El montaje de la embarcación obviamente empezara a partir del casco, que una vez sacado del molde con los refuerzos y mamparos correspondientes se empezarán a laminar los tanques de combustible al casco y de sentinas. Se harán orificios en el casco para las tomas de mar y para la salida de las hélices, llamados pasacascos y también se realizarán pasamuros para las tuberías que se instalarán más adelante.

Se preparará la bancada de los motores con una chapa de acero inoxidable a la que se atornillarán los apoyos del motor con gomas para disminuir vibraciones, mostradas en la imagen 58, y posteriormente se instalarán los motores.



**Ilustración 58. Bancada de los motores con las gomas anti vibraciones. Fuente propia**

Una vez instalados los motores se podrá colocar la cubierta encima del casco y unirla perimetralmente mediante una pasta hecha con resina y fibra de vidrio, también se unirán los refuerzos correspondientes como son los baos con las bulárcamas.

Posteriormente se unirán puente y cubierta, esta unión tendrá unos tacos de goma debajo las paredes del puente para absorber vibraciones provocadas por los motores en el momento que la embarcación este navegando en el agua. Una vez este unido el puente y con él la consola a la cubierta, se instalarán los soportes del asiento y la mesa.

Al mismo tiempo se podrán instalar las válvulas, bombas, tomas de mar, filtros y tuberías con sus correspondientes soportes para evitar esfuerzos en ellas que podrían provocar roturas.

Una vez instaladas las tuberías se laminará el doble fondo por encima de estas con tapas en puntos concretos para la manipulación de las válvulas. Sobre el doble fondo se laminarán las literas, armarios y mesas.

### 3. Diseño y construcción de la embarcación

---

Posteriormente se instalará la ventilación de la sala de máquinas y la instalación del sistema contra incendios. Todas las paredes de este compartimento estarán dotadas de un aislamiento ignífugo mediante lana de roca mostrada en la siguiente imagen.



**Ilustración 59. Lana de roca. Fuente propia**

Una vez llegados a este punto se procederá al montaje de electricidad y electrónica. Se laminarán las cajas estancas para el almacenamiento de las baterías, a continuación, se prepararán los pasacables en mamparos y conexiones, para posteriormente proceder a la instalación de luminarias en los espacios de abord.

Respecto a la parte electrónica se procederá al corte e instalación de los equipos de la consola, también la instalación de antenas y radar con correspondiente arco de radar de acero inoxidable tal como se muestra en la imagen 60, y finalmente la instalación de las luces de navegación.

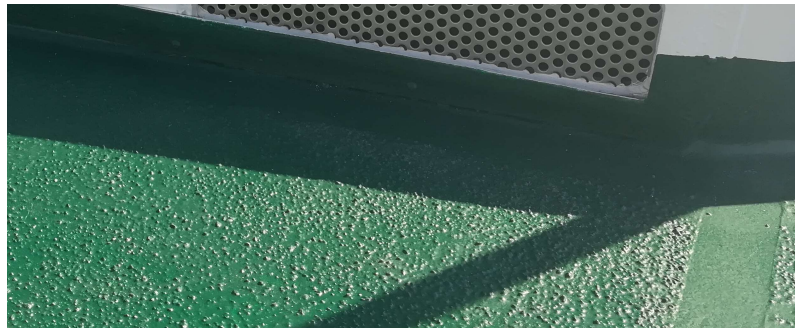


**Ilustración 60. Arco de radar para la colocación de bocina, radar y luces. Fuente propia**

Uno de los últimos puntos del proceso son los acabados como la instalación de cristales y las escotillas. Al mismo tiempo se fabricarán las barandillas y las líneas de vida, que se instalarán junto las lumbreras, cornamusas, bita y finalmente la línea de amarre y fondeo en el pañol de proa.

Una vez estén todos los trabajos anteriores terminados se procederá al último punto del proceso de construcción, correspondiente a la pintura, pintando la obra muerta con sus respectivos colores: de color blanco a excepción del techo que será amarillo.

En la cubierta se pondrán pequeñas partículas de hierro sobre los pasillos y zonas de paso cubiertas con una mezcla de resina y gelcoat de color amarillo, que será el color con el que posteriormente se pintará la cubierta, para que una vez la embarcación P12 NASAI IPS ya esté trabajando en mar los tripulantes no resbalen. La siguiente fotografía muestra el antideslizante de cubierta.



**Ilustración 61. Antideslizante de cubierta de la embarcación Bellatrix. Fuente propia**

Para finalizar se pintará la patente del casco más la línea de flotación y las marcas de los calados antes de ponerla en el agua.



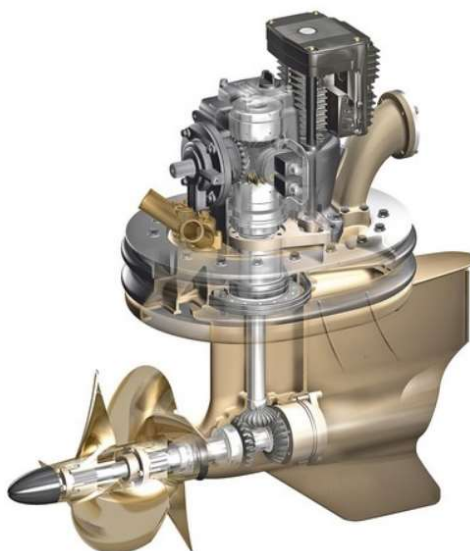
**Ilustración 62. Modelo embarcación P12 NASAI IPS. Fuente propia**



## 4. Equipamiento y sistemas

### 4.1. Diseño y cálculo del sistema de propulsión

El sistema de propulsión estará provisto con motores tipo IPS, un sistema motor-hélices compacto, sin la necesidad de instalar ejes, con hélices contra-rotativas integradas al motor. En la siguiente imagen se puede observar la composición de estos motores.



**Ilustración 63. Transición de la potencia producida por el motor a la hélice. Fuente Volvo Penta**

Los IPS son de la marca Volvo Penta, que ofrece una amplia variedad de motores para distintas potencias. En este caso se estudiará mediante el Maxsurf Resistance que potencia será necesaria para dotar a la P12 NASAI IPS para alcanzar 26 nudos de velocidad de crucero y 30 nudos de velocidad máxima (asumiendo un margen para soportar presiones a esta velocidad, dado que los cálculos laminado se han hecho para una velocidad máxima de 31 nudos).

Con el casco previamente diseñado, para poder proceder al estudio con Maxsurf Resistance se tendrá que definir un calado, el cual se obtendrá a partir de la tabla de hidrostáticas obtenida mediante el Maxsurf Moldeler según un desplazamiento. A continuación, se hace una estimación del peso en rosca, al cual se le sumará la tripulación y el 100% de consumos, obteniendo así la potencia necesaria para solventar con la resistencia de avance para la velocidad máxima de 30 nudos (se asume un peso de 1000 kg por motor).

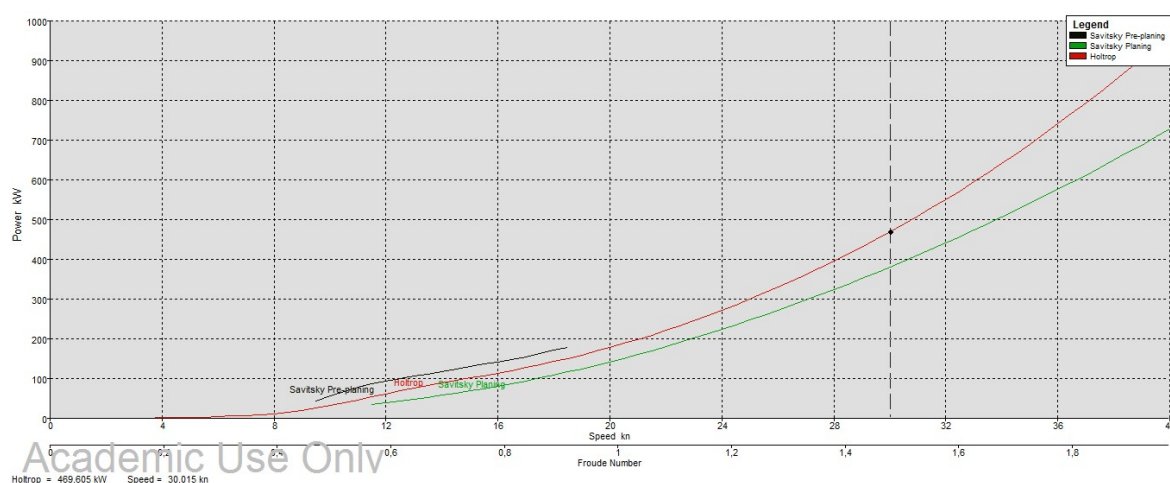
ELEMENTO	PESO (en toneladas)
Estructura	3,987
Grupos IPS	2,000
Arboladura	0,100

Sillones Puente	0,200
Tecles y varios de Sala de Máquinas	0,100
Accesorios varios en Puente	0,100
Habilitación	0,150
Defensas de polipropileno	0,350
Aislamiento S. Máquinas	0,150
Barandillado y varios	0,200
Bombas y varios	0,350
<b>Peso buque rosca</b>	<b>7,687</b>
Tanques gas-oil	1,050
Tripulación	0,320
<b>TOTAL</b>	<b>9,057</b>

**Tabla 12. Cálculo del desplazamiento de la embarcación. Fuente propia**

Para un desplazamiento de 9,057 toneladas, según la tabla de hidrostáticas corresponderá a un calado de 0,65m.

Una vez definido el calado en el Maxsurf Resistance, se calculará la potencia necesaria para alcanzar los 30 nudos por los métodos Holtrop para casos de desplazamiento y Savitiki para pre-planeo y planeo. En la siguiente grafica podemos observar que para una velocidad de 30 nudos la potencia más elevada a alcanzar es por el método Holtrop, correspondiendo a una potencia de 469 kw según el estudio mediante Maxsurf.



**Ilustración 64. Potencia necesaria para que la embarcación alcance una cierta velocidad calculada mediante Maxsurf. Fuente propia**

Volvo Penta ofrece los siguientes modelos:

<b>Volvo Penta IPS</b>	<b>Hp en la hélice</b>	<b>Hp en el cigüeñal</b>	<b>RPM</b>	<b>Nº cilindros</b>	<b>Cubicaje en litros</b>
<u>IPS350</u>	248	260	3.500	4	3,7
<u>IPS400</u>	289	300	3.500	4	3,7
<u>IPS450</u>	314	330	3.500	6	5,5
<u>IPS500</u>	352	370	3.500	6	5,5
<u>IPS600</u>	418	435	3.500	6	5,5
<u>IPS800</u>	591	626	2.400	6	10,8
<u>IPS950</u>	685	725	2.500	6	10,8
<u>IPS1050</u>	756	800	2.300	6	12,8
<u>IPS1200</u>	850	900	2.300	6	12,8

**Tabla 13. Motores y características de Volvo Penta IPS. Fuente Volvo Penta IPS**

Para alcanzar los 469 kW, correspondientes a 628 HP sería suficiente con dos motores IPS 450 de 330 HP de potencia cada uno, potencia que se ve afectada por pérdidas mecánicas en engranajes, cojinetes o el simple rendimiento de la hélice, así que los IPS 450 proporcionarán una potencia de entrega a la hélice de 314 HP cada uno, alcanzando los 628 HP entre los dos motores. Hay que tener en cuenta que cuando los tanques de gas-oil no estén al 100 %, la potencia necesaria para alcanzar los 30 nudos será inferior.

## 4.2. Diseño sistema de ventilación y refrigeración

### 4.2.1. Ventilación

En la sala de máquinas donde se encuentran los motores, cuando estos están en funcionamiento emiten temperaturas elevadas en el interior del compartimento. Para que esto no suceda se instalarán unas entradas de aire por rejillas en los laterales de la superestructura, mostradas en la siguiente imagen.



Ilustración 65 y 66. Entrada de aire para ventilación de la sala de máquinas en proa y popa del puente. Fuente propia

Las dimensiones de estas rejillas tienen que permitir la entrada de un caudal de aire mínimo recomendado, dado por la siguiente ecuación:

$$Q = 0,15 \cdot HP$$

HP: potencia total de los motores (660 HP)

Obteniendo un caudal de aire mínimo recomendado de 99 m<sup>3</sup>/minuto

Para calcular el caudal de entrada de aire en la sala de máquinas para la P12 NASAI IPS utilizaremos la siguiente ecuación:



$$Q = S \cdot V$$

S: sección total de las rejillas de ventilación

V: velocidad de navegación

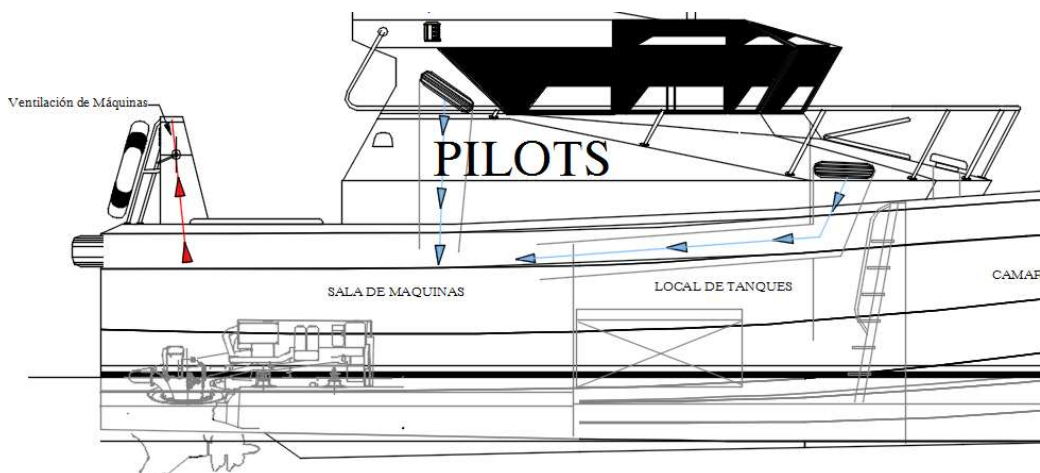
Las rejillas de ventilación mostradas en las imágenes 65 y 66 tienen una sección total de  $0,336 \text{ m}^2$ .

Dado que en la navegación la velocidad variará, para este cálculo se optará por una velocidad inferior a la de crucero, ya que a menos velocidad menos caudal obtendremos, obteniendo así más margen. Calcularemos el caudal para una velocidad de  $10 \text{ m/s}$ , siendo  $600 \text{ m/minuto}$ .

$$Q = 0,336 \cdot 600 = 201,6 \text{ m}^3/\text{min}$$

La ventilación de la sala de máquinas mediante las rejillas al ser superior del mínimo recomendado correspondientes a un caudal de  $99 \text{ m}^3/\text{min}$  será suficiente, sin la necesidad de instalar bombas para la ventilación.

El aire de ventilación entrará a la sala de máquinas mediante un conducto para hacerlo llegar al compartimento, donde se instalará un conducto de salida en la zona de popa. Tanto las entradas como las salidas de aire podrán cerrarse por seguridad en caso de incendio. A continuación, se muestra el recorrido del aire de ventilación.



**Ilustración 67. Recorrido del aire para ventilación de sala de máquinas. Fuente propia**

#### 4.2.2. Refrigeración

Los motores al trabajar alcanzan temperaturas elevadas, para refrigerarlos cada motor tiene incorporadas sus propias bombas y circuitos de refrigeración mediante agua dulce y salada, obtenida mediante tomas de mar, instaladas en el sistema de propulsión, como se muestra en la siguiente imagen.



**Ilustración 68. Toma de mar de la embarcación Bellatrix. Fuente propia**

Cada motor irá equipado con:

- Bombas de agua dulce, aceite y combustible.
- Enfriadores de agua dulce y aceite.
- Válvula termostática de agua dulce.
- Filtros de aceite y combustible.
- Codo con entrada de agua para mezclar con los gases de escape.
- Sensores para alarmas por baja presión de aceite, por temperatura de escapes, por temperatura del agua de refrigeración.
- Filtro de aire con prefiltro

### 4.3. Sistema de achique y servicio contra incendios

#### 4.3.1. Sistema de achique

El sistema de achique es prácticamente imprescindible para cualquier tipo de buque. Consiste en extraer agua que haya podido introducirse en la embarcación o residuos producidos por la misma lancha, mediante una bomba eléctrica sumergible.

La P12 NASAI IPS estará dotada con bombas de achique eléctricas sumergibles con válvulas anti retorno en los compartimentos del camarote, local de tanques y en la sala de máquinas. En cada uno de estos compartimentos se dispondrá de un nivel electrónico con alarma sonora para informar de la necesidad de achique. La siguiente imagen hace muestra estos componentes.



**Ilustración 69. Interruptor, bomba de achique y alarma de achique, respectivamente. Fuente propia**

Estas bombas estarán conectadas con un tanque de aguas grises situado en el local de tanques, mediante tuberías de acero inoxidable. Dicho tanque tendrá en el interior dos bombas para achicar las aguas grises hacia el punto de su descarga que se realizará mediante una bomba manual tipo GusherTitan con una capacidad de achique de 105 L/min, mostrada a continuación.



**Ilustración 70. Bomba manual tipo GusherTitan. Fuente Nauticexpobiblio**

#### 4.3.2. Servicio contra incendios

La embarcación se equipará con los elementos necesarios para poder extinguir incendios en la embarcación con sus propios recursos.

Para ello se instalará una bomba en cada motor mediante una polea adicional en la correa del motor, esta bomba estará conectada a dos tomas de mar adicionales que se instalarán en el fondo de la sala de máquinas para la captación de agua, así en caso de incendio se podrá dar uso de estas bombas.

Además, en la sala de tanques se dispondrá de una toma de mar adicional con un filtro de agua de mar, que mediante un colector para las canastillas de aspiración y una bomba eléctrica de contra-incendios, se podrá obtener agua que circulará por este circuito mediante tuberías de acero inoxidable hacia la boca de contra-incendios, situada en el costado del puente. Esta bomba tendrá una capacidad de achique de 9,4 m<sup>3</sup>/hora a diferencia de las bombas de achique eléctricas sumergibles que tendrán cada una 1,5 m<sup>3</sup>/hora de capacidad de achique.

Para hacer efectivo lo comentado en el apartado actual 4.3.2 serán necesarios los siguientes equipos, así como también otros complementarios:

- Una boca de contra incendios en el costado del puente.
- Manguera de C.I. con acoplamiento y lanza de doble efecto. La longitud de la manguera de una pieza, no excederá de 8 metros.
- 1 Extintor portátil de polvo de 6 Kg. en camarote.
- 1 Extintor portátil de polvo de 6 Kg. en Máquinas.
- 2 Extintores de polvo seco de 4 Kg. en el puente de gobierno.
- 1 Balde de C.I.
- 1 Hacha de bomberos.



**Ilustración 71 y 72. Boca de la manguera CI y extintor en el interior del puente**

En el Anexo A3 se adjunta el plano del sistema de achique y contra incendios.

### 4.4. Diseño sistema eléctrico

La instalación eléctrica, así como el equipo que la comprende, será de tipo marino y cumplirá con las exigencias establecidas, y el vigente convenio Internacional de Seguridad de la Vida Humana en el Mar.

El buque dispondrá de una instalación de corriente continua a 24 V para arranque de motores, alumbrado, luces de navegación y alimentación de aparatos de navegación y comunicaciones.

#### 4.4.1. Planta generadora

Los servicios de 24 V. c.c. se obtendrán partiendo del alternador acoplado a cada motor propulsor.

Dispondrá de 2 grupos de baterías. El primer grupo de baterías, de al menos 150 A/h será para arranque de motores y para las necesidades generales de alimentación a 24 V. El segundo grupo de baterías será la batería de emergencia, con una capacidad de al menos 70 A/h, que entrará en funcionamiento automáticamente desde el cuadro del Puente en cuanto falle la batería de servicios generales. La batería de emergencia alimentará la telefonía, las luces de emergencia y las de navegación.



**Ilustración 73. Baterías de servicio diario. Fuente propia**

La capacidad de la batería de emergencia, 70 A/h, es adecuada para mantener el alumbrado de emergencia a los puestos de embarque durante tres horas y durante 18 horas el alumbrado de emergencia reglamentario, luces de navegación lámpara, señales y alarmas.

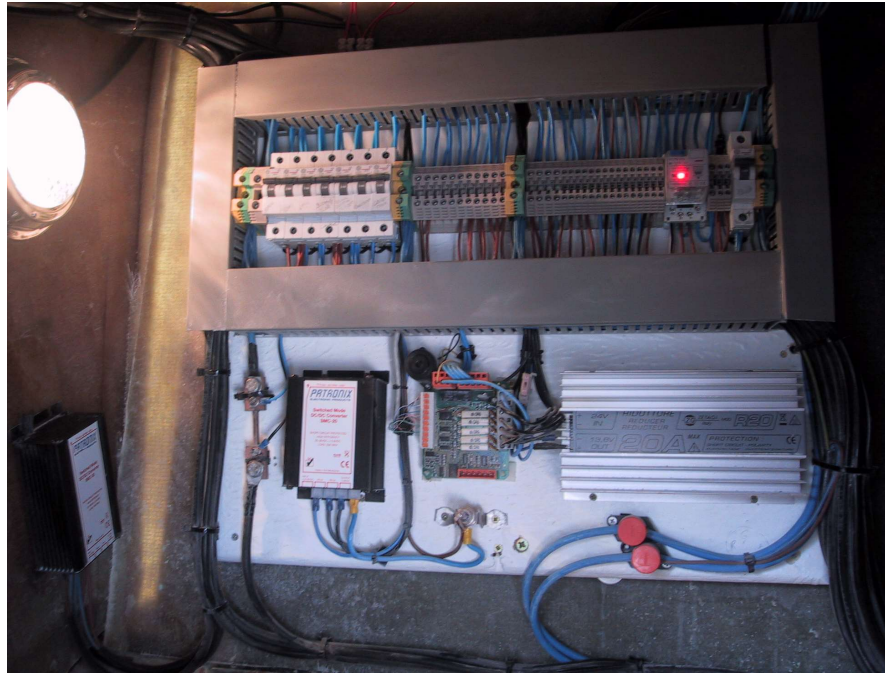
Las baterías se instalarán en cajas suficientemente ventiladas, y las de cubierta en caja con tapa estanca y respiro.

#### 4.4.2. Cuadro principal

En el Puente se dispondrá el cuadro principal en estructura de composite, con paneles frontales desmontables y puertas para inspección de interruptores, estará situado en el Puente de Gobierno.

Se dispondrán de bornas adecuadas para todas las conexiones exteriores con identificación.





**Ilustración 74. Cuadro eléctrico. Fuente propia**

#### **4.4.3. Canalizaciones**

Todos los cables a instalar serán de tipo marino.

Los cables que pasen por las proximidades de las zonas radioeléctricas, tendrán armadura metálica y cubierta exterior de neopreno o P.V.C.

Los cables irán sujetos a bandejas de plástico sujetas mediante grapas adecuadas.

#### **4.4.4. Aparatos de alumbrado**

El tipo de aparato, cantidad y nivel de alumbrado será el indicado a continuación:

Los aparatos de alumbrado expuestos a salpicaduras o condensaciones serán de tipo estanco.

Alumbrado del camarote: dispondrá de punto de luz en techo, fluorescente 2x20 W/24 V.

Alumbrado de máquinas: Será del tipo fluorescente estanco con pantallas de 2x20 W/ 24 V.

Alumbrado de cubierta exterior: Se instalarán los puntos de luz necesarios y la potencia suficiente para que el embarque y desembarque de Prácticos durante la noche se realice con la iluminación adecuada. Los focos para iluminar la cubierta serán de 100 W y 24 V.

#### **4.4.5. Alumbrado de emergencia**

El alumbrado de emergencia estará situado en pasillos, salidas, etc., de acuerdo con la seguridad de la vida humana en la mar.

El número de puntos será:

#### 4. Equipamiento y sistemas

---

- Sala máquinas: 1 plafón de 15 W y 24 V.
- Puente: 1 plafón de 15 W y 24 V
- Camarote: 1 plafón de 15 W y 24V
- Luces exteriores, proa y popa: 2 x 1 plafón de 15 W y 24 V

##### 4.4.6. Luces de navegación y señales

Se dispondrán las luces de navegación y señales requeridas por la Administración “RIPA” para este tipo de buque.

Siendo obligatorias para las embarcaciones de una eslora inferior a 50 metros y mayor de 12 metros: luz de tope a proa, luz de alcance y luces de banda. Y además las embarcaciones en servicio de practicas deberán exhibir: dos luces todo horizonte en línea vertical blanca (la superior) y roja (la inferior) y una luz de alcance cuando se encuentren en navegación.

Las luces de sin gobierno (dos luces rojas todo horizonte en línea vertical) y la luz de morse, serán a 24 V. tomadas desde el cuadro de luces de navegación.



Ilustración 75. Posición de las luces en el puente. Fuente propia

#### 4.4.7. Tomas de corriente

Se instalará una toma de corriente de tierra con su correspondiente rectificador.



**Ilustración 76. Toma de corriente en la popa del puente. Fuente propia**



### 4.5. Sistema de Combustible y exhaustación/escape

#### 4.5.1. Sistema de Combustible

El sistema de combustible, alimentara a los motores mediante dos tanques de un total de  $1,2 \text{ m}^3$  de capacidad, conectados entre ellos mediante una valvula para nivelarlos, atraves latiguillos ignifugos llevan el combustible hacía unos filtros decantadores para separar del combustible posibles contenidos de aguay una vez pasen por estos filtros ya alimentaran el motor. El motor tendra dos salidas, una de rebose para el combustible no combustionado y el resto irá hacía un colector de hidrocarburos, correspondiente al tanque de sentinas que tendra aireación en cubierta mediante un conducto.

El relleno de los tanques de combustible desde el exterior, se hará mediante un colector de llenado en cubierta con una tuberia de acero inoxidable, mostrado en la imagen 77. El tanque tendra otra tuberia de inoxidable que dará a cubierta para la aireación. En el Anexo A4 se adjunta plano de combustible.



Ilustración 77. Colector de llenado de combustible. Fuente propia

#### 4.5.2. Exhaustación/escape

El motor al combustionar genera gases expulsados mediante tuberías de exhaustación que estarán incluídas en el sistema IPS. El escape estará en la popa de la propulsión como se observa en la siguiente imagen.



Ilustración 78. Escape de los motores IPS. Fuente Volvo Penta IPS

Como los gases de escape se emiten a través de la parte posterior de la unidad de propulsión en la estela de la hélice, quedan muy a popa de la embarcación sin perturbar la vida a bordo, reduciendo sonidos y vibraciones.

## 4.6. Equipos

Los equipos citados a continuación serán indispensables para la navegación y la seguridad de la vida a bordo, siendo la mayoría de ellos obligatorios.

### 4.6.1. Equipo náutico

- Compás magnético de gobierno de 100 mm de diámetro de la rosa
- Reloj de bitácora
- Regla de 40 cm.
- Megáfono
- Prismáticos nocturnos de 7 x 50
- Prismáticos diurnos de 6 x 30
- Barómetro (medición presión atmosférica, predicción de clima)
- Termómetro
- Código internacional de señales
- Lámpara de señales
- Juego de tablas de señales de salvamento

### 4.6.2. Equipos electrónicos de comunicaciones y navegación

Los siguientes equipos están establecidos por el Real Decreto 1185/2006:

- Un plotter sonda (LOWRANCE HDS -12 GEN3).



**Ilustración 79. Plotter sonda. Fuente Lowrance**

#### 4. Equipamiento y sistemas

---

- Un equipo radioteléfono VHF (ICOM IC M-423G).



**Ilustración 80. Radioteléfono. Fuente Icom**

- Un radar de 24 millas de alcance (LOWRANCE BROADBAND 4G).



**Ilustración 81. Radar. Fuente Lowrance**

##### 4.6.3. Controles en el puente

El puente de gobierno dispondrá de un puesto de mando a distancia, desde el que se podrá: parar los motores, controlar las r.p.m. y controlar el sentido de marcha. También se dispondrán en dicho local, indicadores de: r.p.m., temperatura de agua y presión de aceite del equipo propulsor, etc.



**Ilustración 82. Panel de control embarcación P12 NASAI IPS. Fuente propia**

#### **4.6.4. Salvamento**

Para salvaguardar la de seguridad de la vida humana en la mar, se dotará del material de salvamento reglamentario establecido por la Orden del 10 de junio de 1983, que será el siguiente:

- 2 Aros salvavidas, dotados de luces de encendido automático y con rabiza de 27,5 m uno a cada banda.
- 6 Chalecos salvavidas de tipo homologado, estibados en las proximidades de cada litera.
- 6 Bengalas
- 6 Cohetes con paracaídas, capaces de producir una luz roja brillante, para señales y visuales.
- 2 Señales fumíferas flotantes.
- 1 Botiquín tipo C.
- Escala de bajada a popa, desmontable.

## 5. Gestión del proyecto

### 5.1. Proveedores y servicios

Como en la mayoría de sectores hay muchas o varias empresas dedicadas a los suministros, el sector naval no es una excepción, hay muchas empresas que ofrecen este servicio, esto crea una competencia entre ellas con distintas ofertas, así que es muy importante conocer los proveedores más interesantes para el astillero con el fin de obtener un buen suministro para la P12 NASAI IPS, para tener siempre stock, conseguirlo a un precio económico, y con entregas puntuales. También conocer proveedores que estén más cerca del astillero donde se realizará la construcción de la embarcación, aunque no sean tan económicas, pero si serán funcionales por su cercanía en casos de emergencia o bien por un conocimiento más cercano de los productos a comprar, garantías de servicio o cambios en la entrega con un tiempo menor. A continuación, se detalla una lista de los resultados de la búsqueda de proveedores y servicios próximos a la zona de Tarragona, donde está el astillero NASAIMARINE, con precios competentes, para cada tipo de subministro:

<b>ABRASIVOS</b>	SOLGA DIAMANT	
<b>ACERO</b>	ACE. BERGARA - IRESTAL GROUP	Comercial de Laminados - kloeckner
<b>AHISLANTES</b>	Ahislamientos RAMBLA	DECOPLACK
<b>BATERIAS</b>	ESTABLIMENTS COLL SA	
<b>DEFENSAS</b>	MARINE FENDERING SYSTEMS	Cauchos Pallares
<b>COMPONENTES NAUTICOS</b>	IMNASA	PRONAUTIC SL
<b>ELECTRICISTA</b>	Sphaeraelectric	
<b>ELECTRODOS</b>	JUCA	SOLDASISTEC
<b>ELECTRONICA</b>	Efectos Navales Ortiz - ENOSA	STATE MARINE NAUTICA SL
<b>ESCOTILLAS</b>	thormarine (venen marca Baier Marine)	
<b>ESPUMA</b>	PLASTICELL - Tecnodin, S.L. - ESPUMA	
<b>EXTINTORES</b>	CONTRAFOC - Protecció Contra Incendis SL	
<b>FUSTERIA</b>	EBANISTERIA MAURI	MATERIAL DE FUSTER SA
<b>LINEA DE VIDA</b>	EXMATRA	
<b>MANIPULACIÓN HIERRO, INOX</b>	FERRINOX - MOBLE FER LA RAPITA SLL	Berrarnautica
<b>MATERIAL AUX PINTURA</b>	PACK PLUS SL	PINTURAS ISAVAL
<b>MOTORES Y REDUCTORAS</b>	Volvo Penta	
<b>PINTURAS</b>	PINTURES M.VICH SA - Ramón	POTS i PINTURES
<b>PVC</b>	AmiantitSpain, SA	DIAB
<b>RESINAS, FIBRAS, PINTURAS</b>	Gazechim Composites Ibérica	EURORESINS

Tabla 14. Proveedores más relevantes para la construcción de la P12 NASAI IPS en Tarragona. Fuente propia

## 5.2. Presupuestos

Una vez conocemos las empresas proveedoras y los precios de sus productos, con una estimación de las horas aproximadas para cada trabajo, a unos 21€ la hora de trabajo, se podrá realizar una estimación del presupuesto de la embarcación, desglosada a continuación:

CASCO Y CUBIERTA	MATERIALES	HORAS	JORNALES	TOTAL €
Preparación de moldes	620,00	220	4.627,70	5.247,70
Laminado del casco	16.200,00	620	13.041,70	29.241,70
Laminado de cubierta	9.500,00	450	9.465,75	18.965,75
Reforzado de casco	5.200,00	450	9.465,75	14.665,75
Reforzado de cubierta	2.400,00	175	3.681,13	6.081,13
Desmoldeo de casco y cubierta	360,00	34	715,19	1.075,19
Pintura y remates	420,00	310	6.520,85	6.940,85
<b>TOTAL</b>	<b>37.100,00</b>	<b>2.369</b>	<b>49.831,92</b>	<b>86.931,92</b>

Tabla 15. Cálculo presupuesto para casco y cubierta. Fuente propia

SUPERESTRUCTURA	MATERIALES	HORAS	JORNALES	TOTAL €
Laminado	4.800,00	80	1.682,80	6.482,80
Refuerzos y remates	100,00	40	841,40	941,40
Ventanas y puertas	5.800,00	60	1.262,10	7.062,10
Pintado y acabados	900,00	40	841,40	1.741,40
Equipamiento interior	1.500,00	40	841,40	2.341,40
Barandillado y defensas	19.000,00	80	1.682,80	20.682,80
<b>TOTAL</b>	<b>32.100,00</b>	<b>340</b>	<b>8.160,00</b>	<b>39.251,90</b>

Tabla 16. Cálculo presupuesto superestructura. Fuente propia

ACONDICIONAMIENTOS	MATERIALES	HORAS	JORNALES	TOTAL €
Habilitación	2.700,00	120	2.524,20	5.224,20
Luces y material náutico	1.200,00	40	841,40	2.041,40
Equipos de alojamientos	1.400,00	40	841,40	2.241,40
Instalación eléctrica	11.900,00	200	4.207,00	16.107,00

## 5. Gestión del proyecto

Tuberías	100,00	60	1.262,10	1.362,10
Valvulería y conexiones	500,00	50	1.051,75	1.551,75
Tanques de combustible	3.200,00	80	1.682,80	4.882,80
<b>TOTAL</b>	<b>21.000,00</b>	<b>590</b>	<b>12410,65</b>	<b>33.410,65</b>

Tabla 17. Cálculo presupuesto de acondicionamientos. Fuente propia

SISTEMA DE PROPULSION	MATERIALES	HORAS	JORNALES	TOTAL €
Motores propulsores	125.000,00	40	841,40	125.841,40
SISTEMA IPS	58.000,00	90	1.893,15	59.893,15
Flaps	2.200,00	45	946,58	3.146,58
Ventilación de máquinas	1.240,00	110	2.313,85	3.553,85
Tuberías de refrigeración	100,00	80	1.682,80	1.782,80
Tuberías de achique	200,00	95	1.998,33	2.198,33
<b>TOTAL</b>	<b>186.740,00</b>	<b>460</b>	<b>9.676,10</b>	<b>196.416,10</b>

Tabla 18. Cálculo presupuesto de la instalación del sistema de propulsión. Fuente propia

EQUIPO ESPECIAL	MATERIALES	HORAS	JORNALES	TOTAL €
Asientos	2.100,00	40	841,40	2.941,40
<b>TOTAL</b>	<b>2.100,00</b>	<b>40</b>	<b>841,40</b>	<b>2.941,40</b>

Tabla 19. Cálculo presupuesto de los asientos. Fuente propia

EQUIPOS ELECTRONICOS	MATERIALES	HORAS	JORNALES	TOTAL €
Plotter	1.500,00	25	525,88	2.025,88
Radio VHF	1.300,00	12	252,42	1.552,42
Radar	2.400,00	15	315,53	2.715,53
Sonda	2.600,00	10	210,35	2.810,35
<b>TOTAL</b>	<b>7.800,00</b>	<b>62</b>	<b>1.304,17</b>	<b>9.104,17</b>

Tabla 20. Cálculo presupuesto equipos electrónicos. Fuente propia

SALVAMENTO	MATERIALES	HORAS	JORNALES	TOTAL €
Equipo de salvamento	2.600,00	10	210,35	2.810,35

Medios contra incendios	2.200,00	40	841,40	3.041,40
<b>TOTAL</b>	<b>4.800,00</b>	<b>40</b>	<b>841,40</b>	<b>5.851,75</b>

Tabla 21. Cálculo presupuesto salvamento. Fuente propia

Otros	MATERIALES	HORAS	JORNALES	TOTAL €
Fondeo, amarre, etc.	1.909,00	20	420,70	2.329,70
<b>TOTAL</b>	<b>1.909,00</b>	<b>20</b>	<b>420,70</b>	<b>2.329,70</b>

Tabla 22. Cálculo presupuesto fondeo, amarre y varios. Fuente propia

COSTE TOTAL P12 NASAI IPS	€
Total coste de la inversión sin impuestos	376.237,59
Proyecto y servicios técnicos	7.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>383.237,59</b>

Tabla 23. Cálculo del presupuesto total de la embarcación. Fuente propia

El pago total para el armador es de 383.237,59€ y se realizaría mediante pagos parciales, previamente pactados entre el astillero constructor y el armador, a medida que avance la construcción de la siguiente forma:

- Firma de contrato (15%): 57.485€
- Inicio construcción (15 %): 57.485€
- Pedido de motores (30%): 114.971€
- Final construcción casco, puente y cubierta (30%): 114.971€
- Entrega de la embarcación al armador (10%): 38.323€

De esta forma se facilita el pago al armador, y puede controlar sus inversiones. De cara al astillero va recibiendo el presupuesto de cada trabajo previo a su realización, pudiendo asumir los gastos de materiales y jornales.



### 5.3. Planificación secuencial

Una planificación de las secuencias de trabajo previas a la construcción es esencial para un astillero, tanto para los pedidos de material con la finalidad de tener siempre stock herramientas y materiales para la realización de cada trabajo, como la coordinación de los trabajadores para la construcción, habiendo procesos de la construcción con preferencias para hacer posible la posterior realización de otros trabajos. A continuación, se muestran las tablas y gráficos de la planificación secuencial de las tareas y los respectivos periodos de realización. Se supondrá el inicio de los trabajos para el 16 de enero de 2019.

La planificación secuencial para la construcción de la embarcación se ha estimado para 5 meses y 6 días aproximadamente.

·Planificación desde trabajos en el laminado del casco hasta mamparos:

NOMBRE DE LA TAREA	FECHA DE INICIO	FECHA FINAL	DURACIÓN (DÍAS)
<b>-LAMINADO CASCO</b>	16/01/2019	09/02/2019	24,00
Preparar molde	16/01/2019	21/01/2019	5,00
Encerado	21/01/2019	23/01/2019	2,00
Pintado de Gel Coat	23/01/2019	25/01/2019	2,00
Laminado de costado	25/01/2019	30/01/2019	5,00
Laminado de fondo	30/01/2019	01/02/2019	2,00
Laminado de codillos, esquinas	01/02/2019	03/02/2019	2,00
Laminado de roda quilla y cosdaste y espejo	03/02/2019	06/02/2019	3,00
Laminado quilla	06/02/2019	09/02/2019	3,00
<b>-REFUERZOS</b>	09/02/2019	01/03/2019	20,00
Laminado de refuerzos longitudinales de fondo	09/02/2019	12/02/2019	3,00
Laminado de vagras de máquinas	12/02/2019	17/02/2019	5,00
Laminado de Baos, bulárcamas palmejares y esloras	17/02/2019	19/02/2019	2,00
Soldadura de refuerzos a casco	19/02/2019	24/02/2019	5,00
Laminados de Fondos	24/02/2019	01/03/2019	5,00
<b>-MAMPAROS</b>	01/03/2019	15/03/2019	14,00
Mamparo proa de máquinas	01/03/2019	04/03/2019	3,00
Recortar perfiles de escotillas de máquinas	04/03/2019	05/03/2019	1,00
Mamparo popa de acomodación	05/03/2019	08/03/2019	3,00
Recortar perfiles de escotillas de acomodación	08/03/2019	09/03/2019	1,00
Mamparo pique de proa	09/03/2019	15/03/2019	6,00

**Tabla 24. Planificación secuencial del proceso de construcción. Fuente propia**

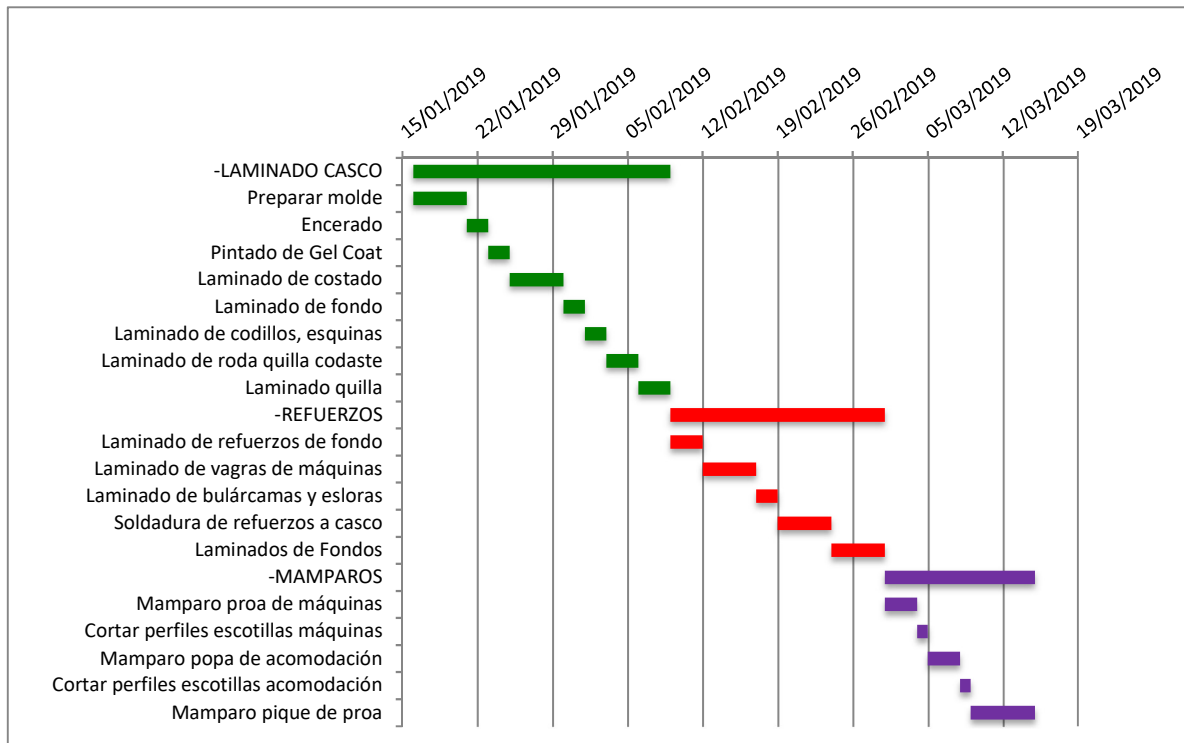


Ilustración 83. Diagrama de Gantt de la planificación secuencial del proceso de construcción. Fuente propia

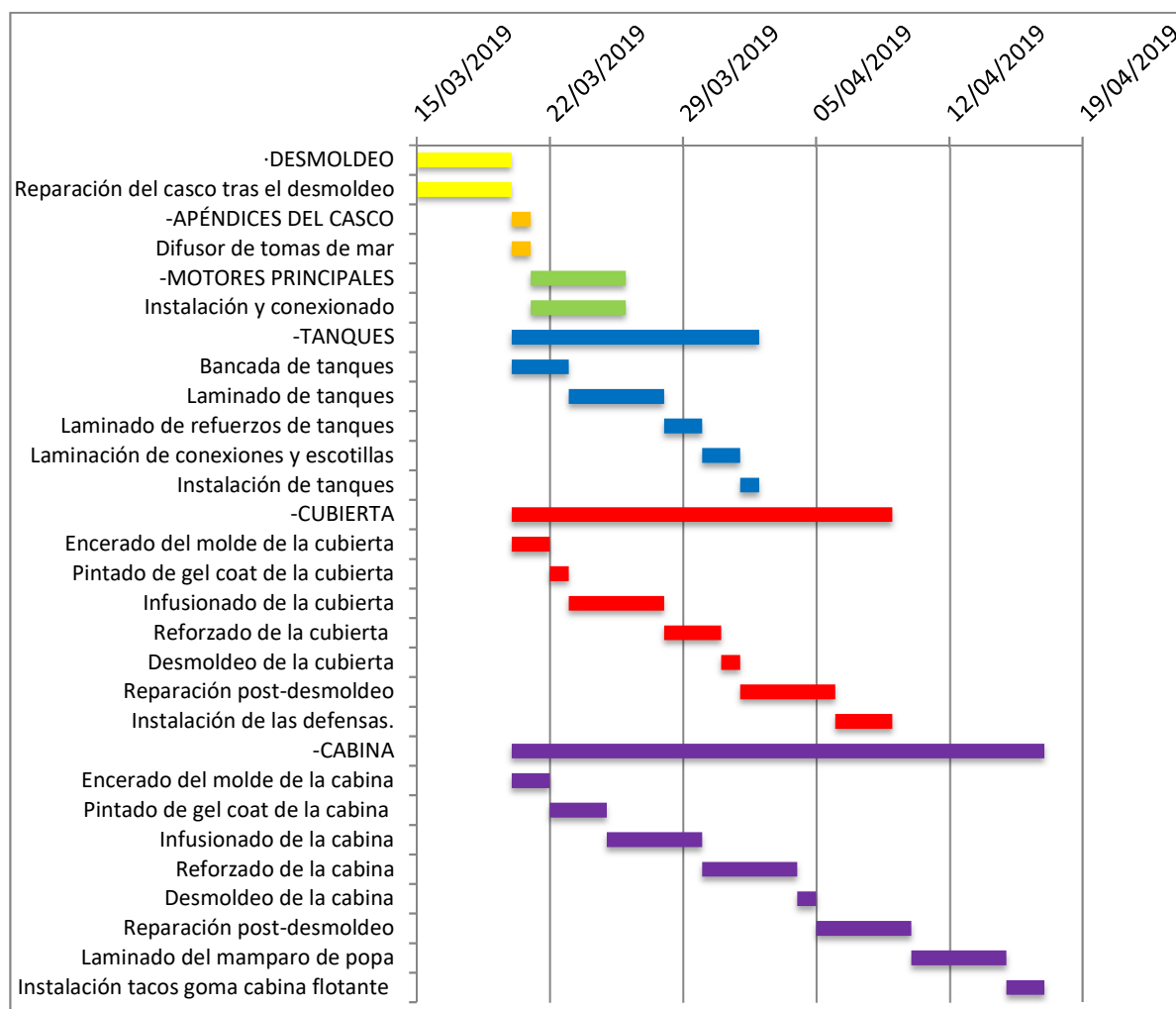
Planificación desde trabajos en el desmoldeo del casco hasta la cabina:

NOMBRE DE LA TAREA	FECHA DE INICIO	FECHA FINAL	DURACIÓN (DIAS)
<b>-DESMOLDEO</b>	15/03/2019	20/03/2019	5,00
Reparación del casco tras el desmoldeo	15/03/2019	20/03/2019	5,00
<b>-APÉNDICES DEL CASCO</b>	20/03/2019	21/03/2019	1,00
Difusor de tomas de mar	20/03/2019	21/03/2019	1,00
<b>-MOTORES PRINCIPALES</b>	21/03/2019	26/03/2019	5,00
Instalación y conexionado	21/03/2019	26/03/2019	5,00
<b>-TANQUES</b>	20/03/2019	02/04/2019	13,00
Bancada de tanques	20/03/2019	23/03/2019	3,00
Laminado de tanques	23/03/2019	28/03/2019	5,00
Laminado de refuerzos de tanques	28/03/2019	30/03/2019	2,00
Laminación de conexiones y escotillas	30/03/2019	01/04/2019	2,00
Instalación de tanques	01/04/2019	02/04/2019	1,00
<b>-CUBIERTA</b>	20/03/2019	09/04/2019	20,00
Encerado del molde de la cubierta	20/03/2019	22/03/2019	2,00
Pintado de gelcoat de la cubierta	22/03/2019	23/03/2019	1,00
Infusionado de la cubierta	23/03/2019	28/03/2019	5,00
Reforzado de la cubierta	28/03/2019	31/03/2019	3,00
Desmoldeo de la cubierta	31/03/2019	01/04/2019	1,00

## 5. Gestión del proyecto

Reparación post-desmoldeo	01/04/2019	06/04/2019	5,00
Instalación de las defensas.	06/04/2019	09/04/2019	3,00
<b>-CABINA</b>	<b>20/03/2019</b>	<b>17/04/2019</b>	<b>28,00</b>
Encerado del molde de la cabina	20/03/2019	22/03/2019	2,00
Pintado de gel coat de la cabina	22/03/2019	25/03/2019	3,00
Infusionado de la cabina	25/03/2019	30/03/2019	5,00
Reforzado de la cabina	30/03/2019	04/04/2019	5,00
Desmoldeo de la cabina	04/04/2019	05/04/2019	1,00
Reparación post-desmoldeo	05/04/2019	10/04/2019	5,00
Laminado del mamparo de popa	10/04/2019	15/04/2019	5,00
Instalación tacos goma cabina flotante	15/04/2019	17/04/2019	2,00
Reparación del casco tras el desmoldeo	15/03/2019	20/03/2019	5,00

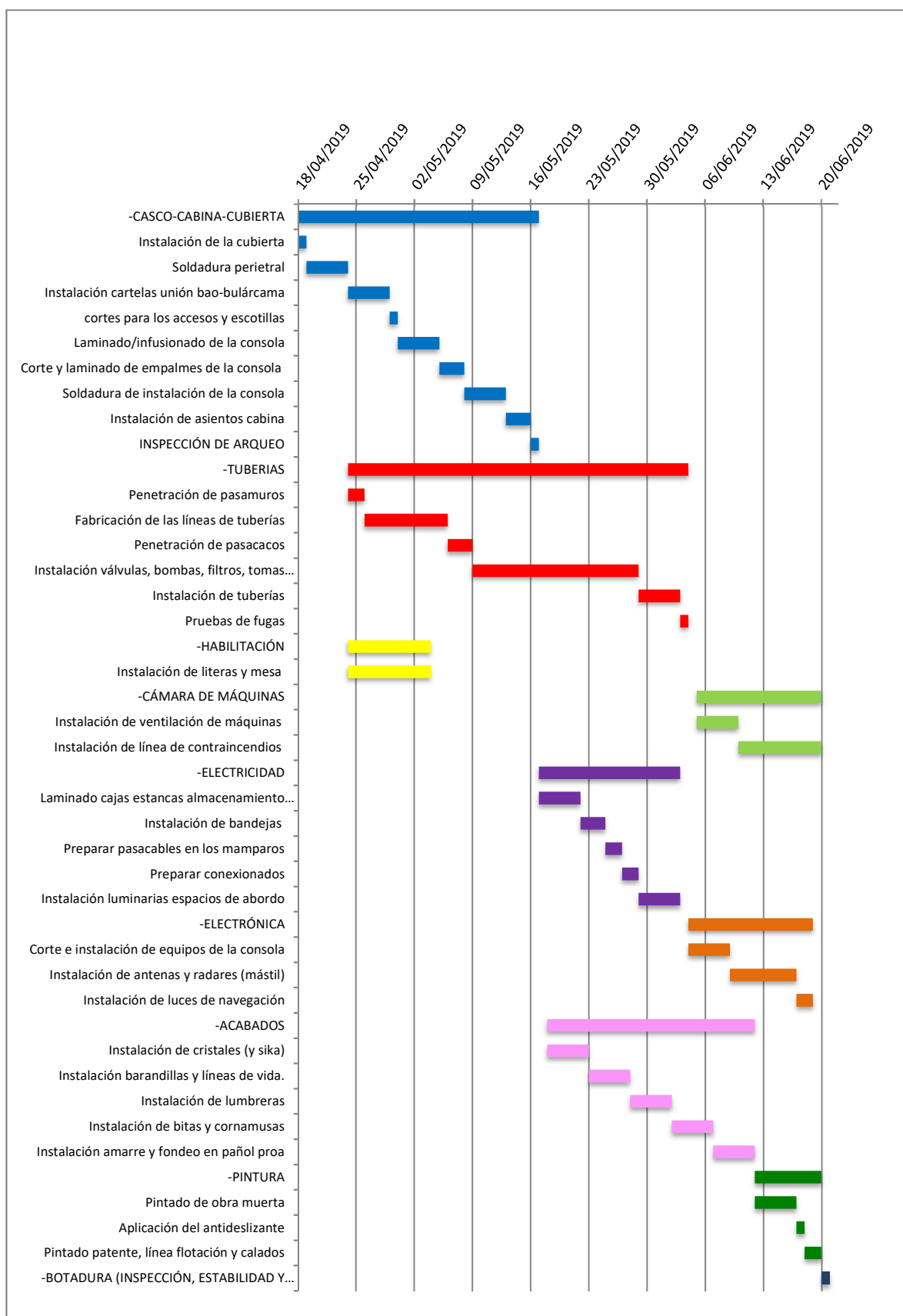
**Tabla 25. Planificación secuencial del proceso de construcción. Fuente propia**



**Ilustración 84. Diagrama de Gantt de la planificación secuencial del proceso de construcción. Fuente propia**

·Planificación desde trabajos en la unión casco, cabina y cubierta del casco hasta la botadura de la embarcación:

NOMBRE DE LA TAREA	FECHA DE INICIO	FECHA FINAL	DURACIÓN (DÍAS)
<b>-CASCO-CABINA-CUBIERTA</b>	18/04/2019	17/05/2019	29,00
Instalación de la cubierta	18/04/2019	19/04/2019	1,00
Soldadura perimetral	19/04/2019	24/04/2019	5,00
Instalación cartelas unión bao-bulárcama	24/04/2019	29/04/2019	5,00
cortes para los accesos y escotillas	29/04/2019	30/04/2019	1,00
Laminado/infusionado de la consola	30/04/2019	05/05/2019	5,00
Corte y laminado de empalmes de la consola	05/05/2019	08/05/2019	3,00
Soldadura de instalación de la consola	08/05/2019	13/05/2019	5,00
Instalación de asientos cabina	13/05/2019	16/05/2019	3,00
<b>INSPECCIÓN DE ARQUEO</b>	16/05/2019	17/05/2019	1,00
<b>-TUBERIAS</b>	24/04/2019	04/06/2019	41,00
Penetración de pasamuros	24/04/2019	26/04/2019	2,00
Fabricación de las líneas de tuberías	26/04/2019	06/05/2019	10,00
Penetración de pasacacos	06/05/2019	09/05/2019	3,00
Instalación válvulas, bombas, filtros, tomas mar	09/05/2019	29/05/2019	20,00
Instalación de tuberías	29/05/2019	03/06/2019	5,00
Pruebas de fugas	03/06/2019	04/06/2019	1,00
<b>-HABILITACIÓN</b>	24/04/2019	04/05/2019	10,00
Instalación de literas y mesa	24/04/2019	04/05/2019	10,00
<b>-CÁMARA DE MÁQUINAS</b>	05/06/2019	20/06/2019	15,00
Instalación de ventilación de máquinas	05/06/2019	10/06/2019	5,00
Instalación de línea de contra incendios	10/06/2019	20/06/2019	10,00
<b>-ELECTRICIDAD</b>	17/05/2019	03/06/2019	17,00
Laminado cajas estancas almacenamiento baterías	17/05/2019	22/05/2019	5,00
Instalación de bandejas	22/05/2019	25/05/2019	3,00
Preparar pasacables en los mamparos	25/05/2019	27/05/2019	2,00
Preparar conexiones	27/05/2019	29/05/2019	2,00
Instalación luminarias espacios de abordó	29/05/2019	03/06/2019	5,00
<b>-ELECTRÓNICA</b>	04/06/2019	19/06/2019	15,00
Corte e instalación de equipos de la consola	04/06/2019	09/06/2019	5,00
Instalación de antenas y radares (mástil)	09/06/2019	17/06/2019	8,00
Instalación de luces de navegación	17/06/2019	19/06/2019	2,00
<b>-ACABADOS</b>	18/05/2019	12/06/2019	25,00
Instalación de cristales	18/05/2019	23/05/2019	5,00
Instalación barandillas y líneas de vida.	23/05/2019	28/05/2019	5,00
Instalación de lumbrreras	28/05/2019	02/06/2019	5,00
Instalación de bitas y cornamusas	02/06/2019	07/06/2019	5,00
Instalación amarre y fondeo en pañol proa	07/06/2019	12/06/2019	5,00
<b>-PINTURA</b>	12/06/2019	20/06/2019	8,00
Pintado de obra muerta	12/06/2019	17/06/2019	5,00
Aplicación del antideslizante	17/06/2019	18/06/2019	1,00
Pintado patente, línea flotación y calados	18/06/2019	20/06/2019	2,00
<b>-BOTADURA (INSPECCIÓN, ESTABILIDAD Y PRUEBAS)</b>	20/06/2019	21/06/2019	1,00

**Tabla 26. Planificación secuencial del proceso de construcción. Fuente propia**

**Ilustración 85. Diagrama de Gantt de la planificación secuencial del proceso de construcción. Fuente propia**

## 6. Estudio técnico

### 6.1. Pruebas de estabilidad y navegación

Primeramente, realizaremos una prueba de estabilidad teórica para 2 condiciones de carga, que serán las más comunes de la embarcación durante su uso, y se comprobará que la embarcación cumple con los mínimos exigidos por el Reglamento del Real Decreto 543/2007<sup>15</sup>. Este reglamento es de obligada aplicación en las embarcaciones de pesca, pero se aplicará a la P12 NASAI IPS para obtener más información, dado que las pruebas de estabilidad para las embarcaciones de pesca son más complejas que las exigidas por Capitanía Marítima para las lanchas de practica.

Los criterios de estabilidad en estado intacto para buques mon casco los calcularemos de la siguiente forma, para cada condición de carga:

- Área mínima bajo la curva GZ ( $A = 0,055 \times 30^\circ / \text{ángulo}$ )
- El valor máximo de GZ deberá corresponder a 0,2 m como mínimo y para un ángulo mínimo de  $25^\circ$
- La mínima altura metacéntrica transversal corregida (GMc) será de 0,35 m

Así pues, las condiciones a estudiar su estabilidad tendrán que cumplir los siguientes requisitos de la tabla:

CRITERIOS	MÍNIMOS EXIGIDOS
Área de la curva de brazos (GZ) hasta 30 grados	0,055
Área de la curva de brazos (GZ) hasta 40 grados:	0,09
Área bajo la curva GZ desde 30 a 40 grados:	0,03
Brazo máximo (GZ) entre 30 y 90 grados:	0,2
Angulo en que se produce el máximo GZ :	25
Altura Metacéntrica Transversal (GMc):	0,35

**Tabla 27. Valores mínimos para el cumplimiento de estabilidad teórica. Fuente RD 543/2007**

<sup>15</sup> Real Decreto 543/2007, de 27 de abril, por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L).

Publicado en: «BOE» núm. 131, de 1 de junio de 2007, páginas 23806 a 23891

## 6. Estudio técnico

Las condiciones de carga serán las siguientes:

- Condición A: Salida de puerto: 100% de consumos
- Condición B: Llegada a puerto:10% de consumos

Previamente a los cálculos de estabilidad se tendrá que calcular el centro de gravedad (CG) del peso en rosca, dicho cálculo se puede apreciar en la siguiente tabla:

Concepto	Peso (toneladas)	Abscisa d/P.popa (m)	Ordenada/L.B. (m)	Moment.L (t .m )	Moment.V (t .m )
ESTRUCTURA	3,987	5,219	1,837	20,806	7,325
Grupos IPS	2,000	1	0,6	2	1,2
Arboladura	0,100	2,2	3,7	0,22	0,37
Sillones Puente	0,200	3,9	2,66	0,78	0,532
Tecles y varios de Sala de Máquinas	0,100	4	0,75	0,4	0,075
Accesorios varios en Puente	0,100	4	2,5	0,4	0,25
Habilitación	0,150	6,8	1,2	1,02	0,18
Defensas de polipropileno	0,350	3,9	1,3	1,365	0,455
Aislamiento S. Máquinas	0,150	4	1,2	0,6	0,18
Barandillado y varios	0,200	4	2,4	0,8	0,48
<b>PESO DEL BUQUE EN ROSCA</b>	<b>7,687 (t)</b>			30,14121922	11,46703439
<b>ABSCISA DESDE P.DE POPA</b>	<b>3,921 (m)</b>				
<b>ORDENADA SOBRE L.BASE</b>	<b>1,492 (m)</b>				

Tabla 28. Cálculo del centro de gravedad para la embarcación en rosca. Fuente propia

Mediante el MaxsurfStability localizaremos y dimensionaremos los tanques e indicaremos que el fluido que contendrán es diesel, para que tenga en cuenta la densidad de este. También se pondrá la localización y el peso de la tripulación, teniendo en cuenta un peso de 80 kg por persona.

Una vez insertados los pesos para cada condición de carga procederemos a un análisis de estabilidad mediante el método Large angle stability, para obtener el grafico de la curva Gz, mediante el cual calcularemos por el método de Simpson el área bajo este brazo Gz, para comprobar que cumple los mínimos exigidos nombrados anteriormente.

También se analizarán las dos condiciones por el método Equilibrium, que nos proporcionará la información mostrada en las tablas 31 y 36, entre dicha información obtendremos la altura del metacentro transversal (KMt), que mediante la ordenada del centro de gravedad (KGc) podremos obtener la altura metacéntrica transversal corregida (GMc) de cada condición, para así ver si cumple con el mínimo exigido del GMc, también nombrado anteriormente.

A continuación, podremos observar las tablas de cálculo y los gráficos de la curva Gz para cada condición de carga.

#### 6.1.1. Condición A: Salida de puerto: 100% de consumos y pasajeros

Cálculo del centro de gravedad:

Concepto	Peso (Toneladas)	Abscisa (m)	Moment.L (t . m)	Ordenad. (m)	Moment.V (t . m)
Tanques de gas-oil	1,05	4,276	4,4898	0,809	0,84945
Pasaje+Tripulación	0,32	3,9	1,248	2,8	0,896
PESO MUERTO	1,37		5,7378		1,74545
BUQUE EN ROSCA	7,687	3,918	30,117666	1,491	11,461317
<b>Desplazamiento</b>	<b>9,057</b>				
<b>Abscisa del CG (m)</b>	<b>3,959</b>				
<b>Ordenada del C G. (KG) (m)</b>	<b>1,458</b>				

Tabla 29. Cálculo del centro de gravedad para la condición A. Fuente propia

Tabla de valores obtenidos mediante el método de análisis Large Angle Stability utilizando el programa Maxsurf Stability para el gráfico de la curva Gz:

Escora	0	10	20	30	40	50	60	70	80
GZ m	0	0,211	0,31	0,377	0,445	0,497	0,411	0,252	0,057
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0	1,1253	3,8053	7,2428	11,3419	16,1243	20,7663	24,1151	25,6789
Displacement t	9,056	9,056	9,056	9,056	9,056	9,056	9,056	9,056	9,056
Draft at FP m	0,683	0,655	0,598	0,5	0,326	0,028	-0,559	-1,774	-5,387
Draft at AP m	0,549	0,52	0,417	0,246	-0,006	-0,392	-0,995	-2,123	-5,376
WL Length m	11,049	11,019	10,944	10,811	10,551	10,458	10,699	11	11,182
Beam max extent on WL m	3,368	2,931	2,768	2,727	2,825	2,6	2,194	2,021	1,838

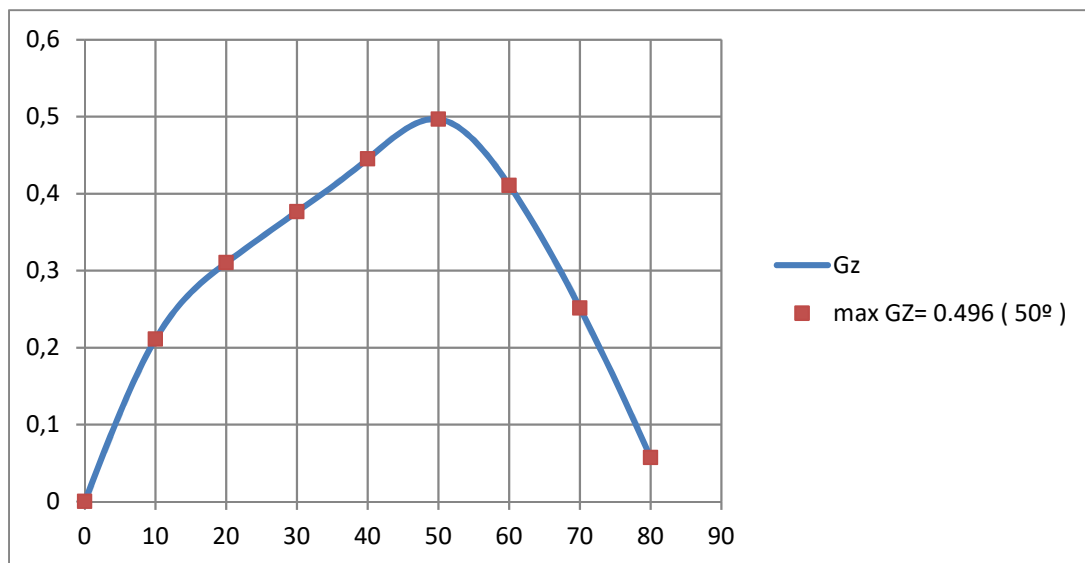


## 6. Estudio técnico

WettedArea m <sup>2</sup>	35,95	33,267	32,577	32,331	32,699	29,807	28,727	28,214	27,949
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	29,782	26,777	25,687	25,489	26,429	23,265	19,398	17,038	15,666
Prismaticcoeff. (Cp)	0,76	0,763	0,755	0,746	0,746	0,756	0,762	0,767	0,776
Block coeff. (Cb)	0,329	0,397	0,507	0,426	0,382	0,409	0,494	0,532	0,562
LCB fromzero pt. (+ve fwd) m	3,971	3,971	3,976	3,982	3,987	3,991	3,986	3,974	3,959
LCF fromzero pt. (+ve fwd) m	3,851	4,025	4,145	4,265	4,398	4,471	4,459	4,459	4,437
Max deckinclinationdeg	0,6782	10,0221	20,0175	30,0185	40,0172	50,0136	60,0061	70,0011	80
Trimangle (+ve bystern) deg	-0,678	-0,6784	-0,9101	-1,2764	-1,6764	-2,1179	-2,1933	-1,7584	0,0522

**Tabla 30. Tabla de resultados en el análisis Largeanglestability. Fuente propia**

Grafica curva del brazo Gz:



**Ilustración 86. Grafica de la curva Gz. Fuente propia**

Tabla de resultados del análisis de estabilidad mediante el método Equilibrium:

Draft Amidships	0,616
Displacement t	9,056
Heeldeg	0
Draft at FP m	0,683
Draft at AP m	0,549
Draft at LCF m	0,594
Trim (+ve bystern) m	-0,135
WL Length m	11,049
Beam max extent on WL m	3,368
Wetted Area m <sup>2</sup>	35,951
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	29,783
Prismatic coeff. (Cp)	0,759
Block coeff. (Cb)	0,329
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,457
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,8
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	3,972
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	3,851
KB m	0,404
KG m	1,46
BMt m	2,645
BML m	25,932
GMt m	1,59
GML m	24,876
KMt m	3,049
KML m	26,334
Immersion (TPC) tonne/cm	0,305
MT tonne.m	0,198
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,251
Max deck inclination deg	0,6794
Trim angle (+ve bystern) deg	-0,6794

Tabla 31. Resultados del análisis de estabilidad mediante el método Equilibrium. Fuente propia

Calculo de áreas bajo el brazo Gz mediante el método de Simpson:

Escora (º)	GZ (m.)	Área bajo curva GZ (rad x m.)
0	0	
5	0,115967	
10	0,211293	<b>0,020</b>
20	0,310322	<b>0,067</b>
30	0,376526	<b>0,126</b>
40	0,445255	<b>0,199</b>
50	0,496761	
60	0,410935	
70	0,251555	

**Tabla 32. Resultados del cálculo de áreas bajo la curva Gz. Fuente propia**

De la siguiente manera se calcula la altura Metacéntrica ( $GM_c$ ) =  $K_{Mt} - K_{Gc} = 3,049 - 1,458 = 1,59$  m.

Una vez calculados todos los requisitos, procederemos a la comparación de los resultados con los mínimos exigidos por medio de la siguiente tabla:

RESUMEN DE ESTABILIDAD	MÍNIMOS EXIGIDOS	VALORES REALES	UNIDADES
Área de la curva de brazos (GZ) hasta 30 grados:	0,055	<b>0,126</b>	m.x rad.
Área de la curva de brazos (GZ) hasta 40 grados:	0,09	<b>0,199</b>	m. x rad.
Área bajo la curva GZ desde 30 a 40 grados:	0,03	<b>0,072</b>	m. x rad.
Brazo máximo (GZ) entre 30 y 90 grados:	0,2	<b>0,497</b>	m.
Angulo en que se produce el máximo GZ:	25	<b>50</b>	grados
Altura Metacéntrica Transversal ( $GM_c$ ):	0,35	<b>1,591</b>	m.

**Tabla 33. Comparación de los resultados para observar si cumple los mínimos exigidos. Fuente propia**

Como podemos observar la embarcación P12 NASAI IPS cumple con creces los criterios de estabilidad para la condición A.

**6.1.2. Condición B: Llegada a puerto: 10% de consumos y pasajeros**

Cálculo del centro de gravedad:

Concepto	Peso (Toneladas)	Abscisa (m)	Moment.L (t . m)	Ordenad. (m)	Moment.V (t . m)
Tanques de gas-oil	0,104	4,27	0,44408	0,52	0,05408
Pasaje+Tripulación	0,32	3,9	1,248	2,8	0,896
PESO MUERTO	0,424		1,69208		0,95008
BUQUE EN ROSCA	7,687	3,918	30,117666	1,491	11,461317
<b>Desplazamiento</b>	<b>8,111</b>				
<b>Abscisa del CG(m)</b>	<b>3,922</b>				
<b>Ordenada del C G. (KG) (m)</b>	<b>1,530</b>				

**Tabla 34. Cálculo del centro de gravedad para la condición B. Fuente propia**

Tabla de valores obtenidos mediante el método de análisis Large Angle Stability para el gráfico de la curva Gz:

Escora	0	10	20	30	40	50	60	70	80
GZ m	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0	0,2	0,285	0,341	0,402	0,444	0,351	0,184	-0,016
Displacement t	0	1,0697	3,5644	6,6912	10,3967	14,7004	18,7787	21,4924	22,3537
Draft at FP m	8,112	8,112	8,112	8,112	8,112	8,112	8,112	8,112	8,112
Draft at AP m	0,637	0,61	0,553	0,456	0,284	-0,026	-0,644	-1,917	-5,693
WL Length m	0,525	0,49	0,381	0,205	-0,055	-0,46	-1,098	-2,295	-5,743
Beam max extent on WL m	11,001	10,967	10,89	10,756	10,486	10,357	10,544	10,861	11,069
Wetted Area m <sup>2</sup>	3,345	2,845	2,701	2,661	2,777	2,522	2,205	2,026	1,832
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	34,762	31,845	31,356	31,075	31,199	28,092	27,122	26,57	26,327
Prismatic coeff. (Cp)	29,021	25,739	24,878	24,638	25,482	22,421	18,835	16,512	15,195
Block coeff. (Cb)	0,76	0,76	0,75	0,738	0,736	0,746	0,758	0,762	0,772
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	0,31	0,386	0,498	0,414	0,367	0,402	0,477	0,52	0,553
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	3,933	3,934	3,939	3,947	3,952	3,957	3,951	3,939	3,923
Max deck inclination deg	3,778	3,983	4,115	4,224	4,357	4,395	4,394	4,372	4,36
Trim angle (+ve by stern) deg	0,5639	10,0175	20,0159	30,0181	40,0178	50,0144	60,0066	70,0013	80

**Tabla 35. Tabla de resultados en el análisis Large angle stability. Fuente propia**

Grafica curva del brazo Gz:

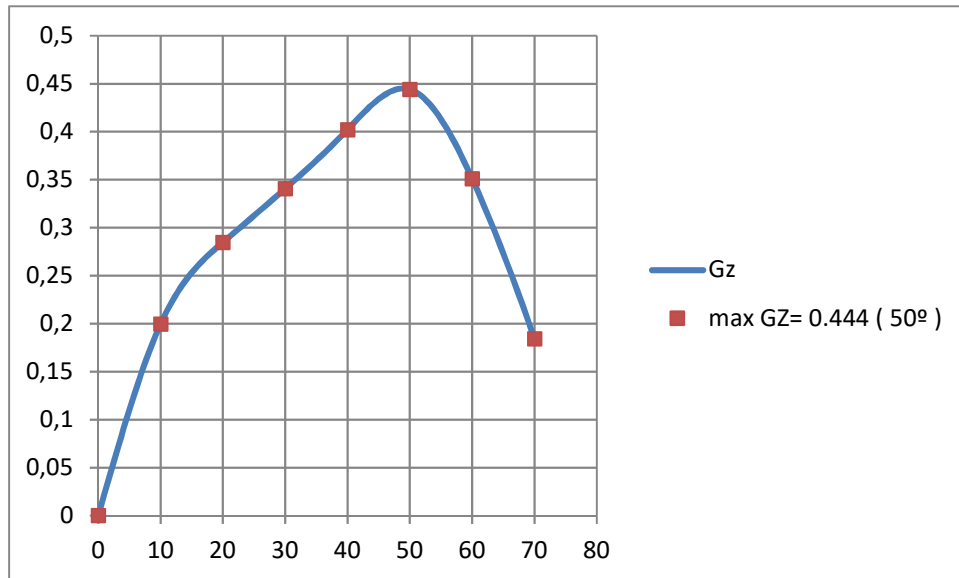


Ilustración 87. Grafica de la curva Gz. Fuente propia

Tabla de resultados del análisis de estabilidad mediante el método Equilibrium:

Draft Amidships	0,581
Displacement t	8,112
Heeldeg	0
Draft at FP m	0,637
Draft at AP m	0,525
Draft at LCF m	0,562
Trim (+ve bystern) m	-0,112
WL Length m	11,001
Beam maxextentson WL m	3,345
WettedArea m^2	34,761
Waterpl. Area m^2	29,02
Prismaticcoeff. (Cp)	0,76
Block coeff. (Cb)	0,31
Max Sect. areacoeff. (Cm)	0,429
Waterpl. areacoeff. (Cwp)	0,789
LCB fromzero pt. (+ve fwd) m	3,933
LCF fromzero pt. (+ve fwd) m	3,778
KB m	0,383

KG m	1,545
BMt m	2,806
BML m	27,717
GMt m	1,645
GML m	26,555
KMt m	3,189
KML m	28,098
Immersion (TPC) tonne/cm	0,297
MTctonne.m	0,189
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,233
Max deckinclinationdeg	0,5622
Trimangle (+ve bystern) deg	-0,5622

**Tabla 36. Resultados del análisis de estabilidad mediante el método Equilibrium. Fuente propia**

Calculo de áreas bajo el brazo Gz mediante el método de Simpson:

Escora (º)	GZ (m.)	Área bajo curva GZ (rad x m.)
0	0	
5	0,110513	
10	0,199758	0,019
20	0,284841	0,063
30	0,34072	0,117
40	0,402208	0,182
50	0,444058	
60	0,351163	
70	0,184323	

**Tabla 37. Resultados del cálculo de áreas bajo la curva Gz. Fuente propia**

De la siguiente manera se calcula la altura Metacéntrica ( $GM_c$ ) =  $KMt - KG_c = 3,189 - 1,530 = 1,6588$  m.

Una vez calculados todos los requisitos, procederemos a la comparación de los resultados con los mínimos exigidos por medio de la siguiente tabla:

RESUMEN DE ESTABILIDAD	MÍNIMOS EXIGIDOS	VALORES REALES	UNIDADES
Área de la curva de brazos (GZ) hasta 30 grados:	0,055	<b>0,117</b>	m.x rad.
Área de la curva de brazos (GZ) hasta 40 grados:	0,09	<b>0,182</b>	m. x rad.
Área bajo la curva GZ desde 30 a 40 grados:	0,03	<b>0,065</b>	m. x rad.
Brazo máximo (GZ) entre 30 y 90 grados:	0,2	<b>0,444</b>	m.
Angulo en que se produce el máximo GZ:	25	<b>50</b>	grados
Altura Metacéntrica Transversal (GMc):	0,35	<b>1,659</b>	m.

**Tabla 38. Comparación de los resultados para observar si cumple los mínimos exigidos. Fuente propia**

Como podemos observar la embarcación P12 NASAI IPS cumple con creces los criterios de estabilidad para la condición B.

### 6.1.3. Prueba de estabilidad práctica

Capitanía marítima exige para este tipo de embarcaciones una prueba de estabilidad práctica de acuerdo con el Real Decreto 1837/2000, que junto con una inspección de todos los elementos exigidos a bordo y una prueba de mar donde se observa: sentido correcto de la rueda de timón, velocidad máxima, respuesta en el cambio de sentido del motor y radio de giro a todo babor y estribor; se obtendrá el certificado de inspecciones para cerrar el fin de obra. Esta prueba de estabilidad consiste en los siguientes pasos:

-Con la embarcación en el agua, a máxima carga (tanques llenos, pertrechos y 4 personas en crujía) se procederá a medir los francobordos de proa (Fbpr) y popa (Fbpp) con la ayuda de una plomada.

· **Francobordos obtenidos en la prueba: Fbpr=1,4 m / Fbpp= 1,69 m**

-Una vez obtenidos los francobordos, mediante el Plano de Formas de la embarcación se traza la línea de flotación, para así obtener el calado en crujía.

· **Calado en crujía= 0,75 m**

-Observando la tabla de hidrostáticas, obtenidas con el Maxsurf a partir del casco 3D, mostradas en el anexo A5, obtendremos el área de flotación correspondiente para el calado de crujía adquirido.

· **Área de flotación= 29,142 m<sup>2</sup>**

-Todo lo anterior se realiza para obtener el peso escorante para realizar la prueba de estabilidad, calculado de la siguiente forma:

· **Peso escorante= 0,65 . Área de flotación= 1,89 Tn (toneladas)**

-Se tendrá que justificar como se alcanza dicho peso:

· **Peso escorante (PE)= 8 bidones de 220 L (se llenará con agua salada, tendrá un peso de 5,5 kg/bidón mayor respecto con un llenado de agua dulce) + 15 kg/bidón de peso en vacío= 1,924 Tn, alcanzado el mínimo para realizar la estabilidad.**



-La posición transversal del peso escorante será de  $Bl/3$  respecto crujía,  $Bl$  corresponde a la manga de flotación en la cuaderna de crujía, obtenida a partir del Plano de Formas.

$$\cdot Bl/3 = 3,318/3 = 1,106 \text{ m}$$

\*Como se observa en la imagen 89, por la disposición del puente no es posible poner el peso escorante a 1,106m de la línea de crujía, solo en la zona del pasillo lateral. Capitanía no exige cumplir explícitamente el peso escorante, ni tampoco su posición transversal, pero sí exige respetar el momento escorante para la prueba de estabilidad de la embarcación.

$$\cdot \text{Momento escorante} = PE \cdot Bl/3 = 2,096 \text{ Tn.m}$$

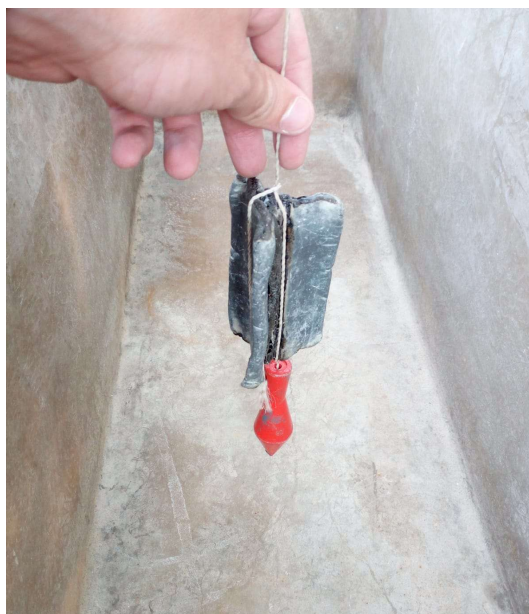
-Así pues, se medirá la distancia transversal respecto crujía donde se podrán colocar los bidones.

$$\cdot (Bl/3)' = 1,6 \text{ m}$$

-Al modificar la distancia, para respetar el momento escorante tendremos que calcular un nuevo peso escorante:

**$\cdot PE' = ME/(Bl/3)' = 1,31 \text{ Tn}$ ; para alcanzar este peso serán necesarios 6 bidones de 220L de agua dulce, obteniendo un total de 1,41 Tn, alcanzando así el mínimo exigido.**

-Para realizar la prueba se pondrá primero el peso escorante en crujía, o en este caso tres bidones a babor y los otros tres a estribor para estabilizar la embarcación, y así mediante un puntal sujetado la popa del techo puente se fijará la parte superior del péndulo utilizado para medir posteriormente la escora de la embarcación en la prueba. En el extremo inferior del péndulo se pondrá una plomada sumergida en una caja con agua para que, en el momento de tomar medidas mediante el péndulo, esté lo más estable posible. A continuación, se muestra una imagen de la plomada del péndulo en el interior de la caja que se llenará de agua. Como se puede observar en la ilustración, la plomada consta del plomo rojo con la finalidad de dar un peso y otro elemento, en este caso de color negro, que consta de tres rectángulos verticales separados a  $120^\circ$  entre ellos para disminuir la oscilación del péndulo frenada por el agua y así estabilizar-lo para tomar las medidas correspondientes con mayor facilidad y precisión.



**Ilustración 88. Plomada utilizada para realizar la prueba de estabilidad. Fuente propia**

Sobre la caja se apoyará un tablón de madera en posición horizontal cerca del péndulo, donde se colocará una regla para tomar las mediciones.

Una vez estén todos los elementos comentados correctamente colocados, incluyendo los bidones a cruzía, se señalará en la madera la posición del péndulo, correspondiente al ángulo  $0^\circ$  de escora y se medirá la longitud del péndulo desde la parte superior donde está fijado hasta el tablón de madera en  $0^\circ$ .

**·Longitud péndulo= 3,6 m**

- Posteriormente se colocará el peso escorante a estribor, y una vez colocados se señalará la nueva posición del péndulo causada por la escora sobre la madera y se medirá la distancia respecto la señal del ángulo  $0^\circ$  de escora en la madera. Se realizará de la misma forma para la colocación del peso en babor. En la siguiente imagen se puede observar la escora de la embarcación debido al peso escorante de los bidones.



**Ilustración 89. Embarcación P12 NASAI escorada a causa del peso escorante utilizado en la prueba de estabilidad. Fuente propia**

**·Distancia de desplazamiento transversal del péndulo ( $D_t$ ) en la madera respecto la indicación de  $0^\circ$  de escora:**

**$D_t$  babor= 0,455 m /  $D_t$  estribor= 0,46m**

-Una vez obtenidos los datos anteriores calcularemos el ángulo de escora obtenidos en la prueba para estribor y babor de la siguiente manera: Escora ( $^\circ$ )= $\text{tg}^{-1}(D_t/\text{longitud péndulo})$

**·Escora babor=  $7,2^\circ$  / Escora estribor=  $7,28^\circ$**

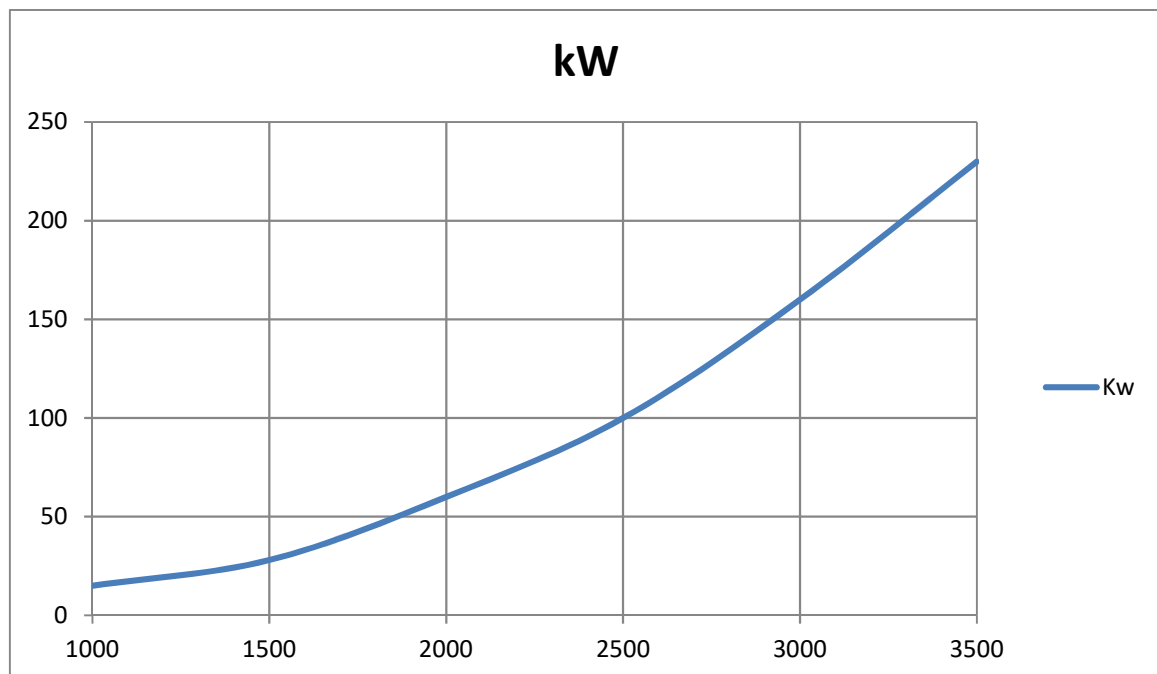
-Según el Real Decreto 1837/2000, la embarcación P12 NASAI IPS cumple satisfactoriamente la prueba de estabilidad, dado que ninguno de los dos ángulos de escora es superior a  $14^\circ$ .

## 6.2. Autonomía

La estimación de la autonomía de la embarcación se hará para dos condiciones de trabajo: para máxima velocidad y para la velocidad de crucero.

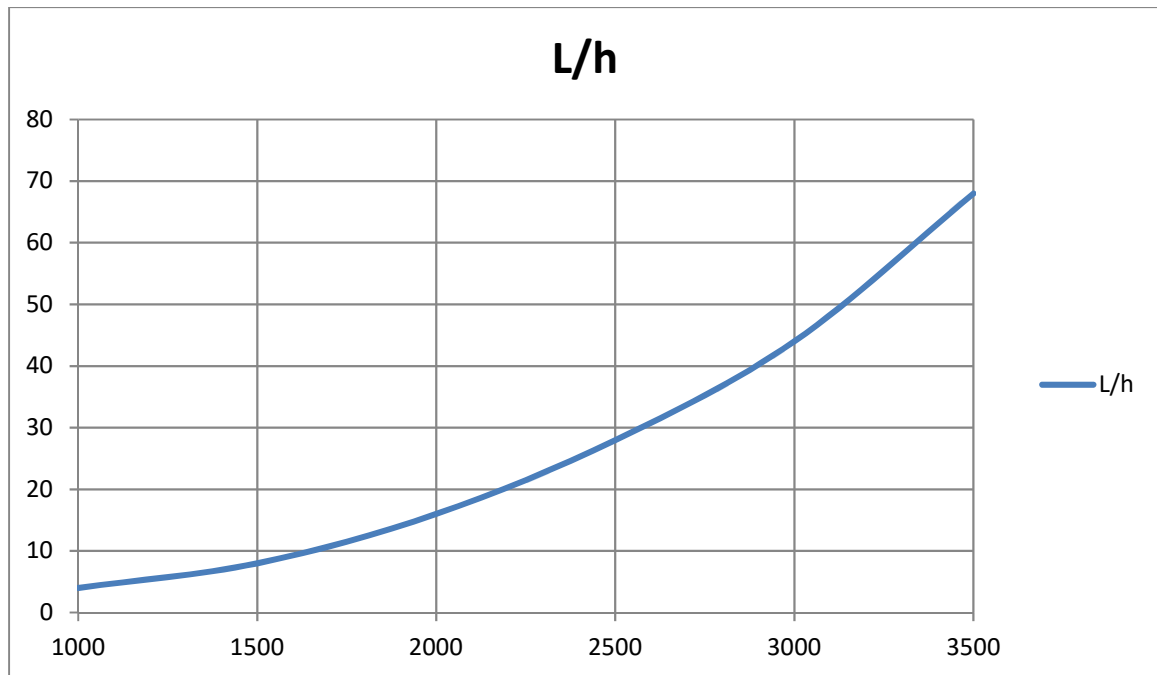
La máxima velocidad se alcanzará en las máximas revoluciones por minuto (rpm), que para este motor corresponden a 3500 rpm.

Tal como se observa en la imagen 90 mediante el método de Holtrop realizado por el Maxsurf Stability para la velocidad de crucero correspondiente a 26 nudos, será necesaria una potencia de 340 kW, es decir, 170 kW de potencia repartida para cada motor. En el siguiente gráfico realizado mediante los valores aportados por Volvo Penta para los motores IPS 450, se puede observar que para una potencia de 170 kW el motor trabajara a unas 3100 rpm.



**Ilustración 90. Revoluciones a las que trabaja el motor para cada potencia entregada. Fuente propia**

Para estas dos condiciones de trabajo con sus respectivas revoluciones por minuto para cada una de ellas, el motor tendrá un consumo específico, este consumo lo obtendremos a partir de la siguiente gráfica, realizada también a partir de los datos ofrecidos por Volvo Penta.



**Ilustración 91. Litros horas consumidos por el motor para las revoluciones de trabajo. Fuente propia**

Así pues, como se puede apreciar en esta imagen el consumo de combustible en litros por hora (L/h) para las condiciones de trabajo comentadas será el siguiente:

- Velocidad máxima (3500rpm): 68 L/h, siendo de 136 L/h entre los dos motores.
- Velocidad de crucero (3100): 47 L/h, siendo de 94 L/h entre los dos motores.

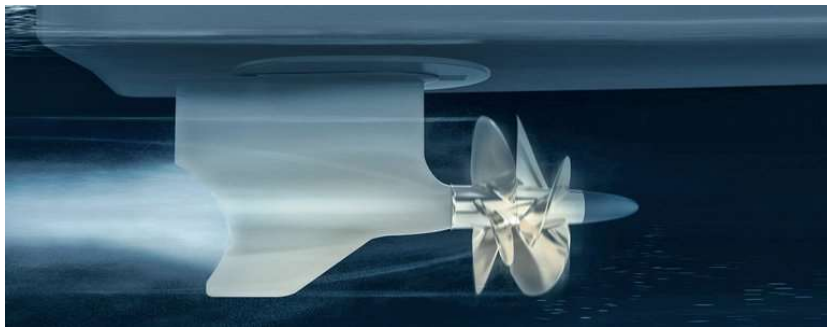
Por último, para obtener la autonomía de la embarcación tendremos en cuenta la capacidad total de los tanques de combustible, alcanzando un total de 1200 litros, obteniendo una autonomía para cada condición de:

- Velocidad máxima (136 L/h): 8,82 h
- Velocidad de crucero (94 L/h): 12.76 h

## 7. Ventajas de los motores IPS

La incorporación de los motores IPS en el sector naval es una de las últimas innovaciones en sistemas de propulsión que mayores ventajas ha aportado en la navegación, debido principalmente a sus hélices contrarrotativas orientadas a proa.

El hecho de que las hélices estén orientadas a proa, tal como se muestra en la imagen 92, permite a la hélice trabajar con un fluido limpio de burbujas y cambios presiones frontales, factores desfavorables, que si encontramos en otros tipos de propulsión donde el fluido antes de entrar en contacto con la hélice ha estado en contacto con ejes y arbotantes. De esta manera también eliminamos posibilidades de cavitación en la hélice.



**Ilustración 92. Condición en la que trabaja la hélice sobre el fluido. Fuente Volvo Penta IPS**

Las condiciones en la que se encuentra la hélice hacia proa permitiendo un empuje limpio, mejora el rendimiento dotando de mayor velocidad y aceleración con un consumo menor, aportando más autonomía a la embarcación, así como también menos emisiones de CO<sub>2</sub> respecto a las embarcaciones con ejes.

Otra ventaja que proporciona este sistema de propulsión es la reducción de ruidos y vibraciones, aportando mayor confort abordo, gracias a que los gases de escape se emiten a través de la parte posterior de las unidades propulsoras, como se muestra en la imagen 78, en la estela de la hélice quedando detrás de la embarcación. Volvo Penta destaca las siguientes mejoras del sistema IPS en comparación a la propulsión con ejes internos:

- Rango de crucero 40% más largo.
- 20% mayor velocidad máxima
- Reducción del consumo de combustible en un 30%.
- 30% menos de emisiones de CO<sub>2</sub>
- 50% menos ruido percibido
- Más espacio a bordo

Cabe destacar que estos resultados son aproximados.

También hay que destacar la instalación rápida y sencilla de los Volvo Penta IPS, donde su integración a la lancha consiste en la instalación de un paquete de propulsión completo, sin la necesidad de perforaciones en el casco para los ejes, ni la instalación de timones y arbotantes. Reduciendo el tiempo de instalación y con ello los plazos de entrega.



**Ilustración 93. Motores Volvo Penta IPS 450. Fuente propia**

Aunque lo anteriormente comentado ya ofrece varias condiciones ventajosas, este sistema ha sido diseñado para la maniobrabilidad como objetivo principal. Las unidades dirigibles reaccionan de forma inmediata y precisa a las direcciones del patrón, gracias a que es un sistema integrado y completo desde el puesto de pilotaje hasta las hélices. También ofrece un radio de giro reducido y un rumbo estable. Agiliza los procesos de atraque y en especial para las embarcaciones de practica la maniobra de abarloomiento, permitiendo acercarse y sobre todo separarse del buque al que se le presta el servicio con un empuje perpendicular a la eslora de este, como se muestra en la imagen 94, evitando que la embarcación quede atrapada entre el costado del buque y la estela que crea el buque de proa a popa alrededor de la superficie del casco. Todo esto gracias a la incorporación de las hélices contrarrotativas giratorias, dirigidas mediante un joystick, remplazando completamente y mejorando la navegación con timón.





**Ilustración 94. Dirección de navegación de la embarcación perpendicular a la eslora gracias al sistema IPS.**  
**Fuente Volvo Penta IPS**

Como muchos otros sistemas innovadores y ventajosos tienen un coste mayor respecto a sistemas convencionales, y es por ello que la mayoría no apuestan por este sistema. De las últimas 15 embarcaciones construidas en NASAIMARINE solo 2 armadores han optado por el sistema IPS de Volvo Penta y 2 más por otras marcas de azipods.

Tratándose de embarcaciones de practica con riesgo a la seguridad de los prácticos en las maniobras de abarloadamiento, la elección de un sistema de propulsión como los IPS es una buena opción para aumentar la seguridad, aportando además mejor maniobrabilidad, mejora en el rendimiento, reducción del consumo de combustible y mayor confort en la navegación.

El sistema IPS implica una inversión inicial mayor al sistema de propulsión con ejes, pero en el caso de las embarcaciones de practica donde están a disposición laboral 24 horas al día y trabajando en la mayoría de ellas, sobre todo en los grandes puertos, la inversión inicial a largo plazo quedaría más que compensada debido al menor consumo de combustible del sistema IPS, siendo hasta un 30% inferior según Volvo Penta.



## 8. Conclusiones

Aunque a priori una embarcación de practicaje pueda dar un aspecto de un bote sencillo y que su trabajo sea destinado a una simple función de transportista marítimo para el práctico, este tipo de embarcaciones para su **diseño y proyecto de construcción exigen un extenso número de parámetros a estudiar para alcanzar ciertos objetivos**, como una lancha que se comporte bien en la navegación, en cuanto a estabilidad, agilidad y velocidad de reacción de forma que proporcione seguridad en el servicio de practicaje.

Posteriormente a varios cálculos y procedimientos para la realización de un proyecto de nueva construcción, se puede afirmar que **cumple con los requisitos para que la embarcación de practicaje ejerza los trabajos portuarios**.

Hay que destacar la importancia del control en conjunto en el diseño, construcción y pruebas de mar. Teniendo en consideración todas las partes participes del proyecto y la comunicación y entendimiento entre ellas. Para ello **es fundamental una figura que coordine y haga un seguimiento íntegro, siendo el responsable en la dirección de obra**.

Durante el seguimiento de la obra se ha observado que se debería implementar **un sistema optimizado que facilite a los trabajadores indicar la cantidad de material**. Teniendo un control del material y stock de la fibra de vidrio, resina, brochas, y herramientas que utilizan para cada trabajo.

También hay **que indicar las horas invertidas en cada trabajo**, citándolas en un parte diario que se entrega al encargado de la contabilidad del astillero y al encargado del stock en el almacén. Es muy común en astilleros pequeños que un mismo trabajador se encargue de estas dos tareas.

Los inconvenientes que tienen estos sistemas de comunicación es que **un trabajador puede estar haciendo dos tareas a la vez y le es complicado saber con exactitud el tiempo empleado en cada una**.

Puede darse el caso que un trabajador no tenga predisposición para hacer un parte de trabajo diario, por estar acostumbrado a trabajar sin realizar partes o porque tiene dificultades para explicar el trabajo que ha realizado o saber con exactitud la cantidad de resina, fibra y otros materiales usados para los trabajos.

En el caso que un mismo trabajador se encargue del almacén y la contabilidad a la vez, le impide dedicarse a tiempo total en la dirección del almacén y control del stock, que sumado a unos partes imperfectos de los trabajadores **puede producirse una situación en la que no haya stock, implicando pérdidas de tiempo y dinero**. Para impedir-lo será beneficiosa la asignación de responsabilidades y trabajos en el astillero.

Hemos observado **las ventajas que proporciona para este tipo de embarcación, el sistema de propulsión IPS**, aumentando el rendimiento gracias a unas hélices enfocadas a proa, alcanzando mayor velocidad y reduciendo el consumo de combustible a la vez, aumentando así la autonomía de la embarcación P12 NASAI IPS.

También hemos visto **mejoras en la maniobrabilidad** respecto a una propulsión con ejes y timones. Gracias a que la hélice puede rotar, permitiendo incluso que la embarcación navegue perpendicularmente a su eslora.

## Bibliografía

- [1] Prácticos de Puerto. Colegio / Federación, Practica [Consulta: 4 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.practicosdepuerto.es/servicio-practica>
- [2] Wolterskluwer. Guías jurídicas: Practica [Consulta: 8 marzo 2018]. Disponible en: [http://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAU NjM1MztlUouLM\\_DxblwMDCwNzAwuQQGZapUt-ckhlQaptWmJOcSoAekWSgjUAAAA=WKE](http://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAU NjM1MztlUouLM_DxblwMDCwNzAwuQQGZapUt-ckhlQaptWmJOcSoAekWSgjUAAAA=WKE)
- [3] Real Decreto 1185/2006, de 16 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan las radiocomunicaciones marítimas a bordo de los buques civiles españoles.
- [4] Orden de 10 de junio de 1983 sobre normas complementarias de aplicación al Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1974, y su Protocolo de 1978, a los buques y embarcaciones mercantes nacionales
- [5] Decreto 3384/1971, de 28 de octubre, sobre revisión del Reglamento de Reconocimiento de Buques y Embarcaciones Mercantes
- [6] Real Decreto 1837/2000, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de inspección y certificación de buques civiles
- [7] American Bureau of Shipping (1967). Rules for Building and Classing Steel Vessels. The Bureau
- [8] Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974 (Convenio SOLAS), entrada en vigor el 25 de mayo de 1980
- [9] OMI. Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973,(MARPOL), edición refundida de 1974, Protocolo de 1978 relativo al Convenio MARPOL y enmiendas
- [10] OMI. Convenio Internacional sobre la Revisión del Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes, COLREG, 1972 y enmiendas
- [11] GazechimComposites Ibérica. Fotografía, propiedades resina poliéster.
- [12] Bendezú Reyes, José Humberto. Introducción a las resinas de poliéster y afines. [Consulta: 20 julio 2018]. Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/Bendezu\\_R\\_J/cap2.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/Bendezu_R_J/cap2.pdf)
- [13] Suzhouprk. Fotografía, rodillos metalicos para burbujas en laminado.
- [14] Carbonmods. Fotografía, tela Peelply.
- [15] Castrocompositesshop. Fotografía, mala distribuidora.
- [16] Nauticexpobiblio. Fotografiabomba manual tipo GusherTitan.
- [17] Lowrance. Fotografía, equipos de comunicación y navegación.
- [18] Icom. Fotografía, equipo de radioteléfono.
- [19] Volvo Penta. Propiedades Motors Volvo Penta IPS [Consulta: 15 agosto 2018]. Disponible en: <https://www.volvopenta.com>
- [20] NASAIMARINE S.L.
- [21] José Luis González Díez. Materiales Compuestos, tecnología de los plásticos reforzados
- [22] Ricardo Martin Domínguez. Calculo de estructuras de buques, construcción naval.

- [23] Bonilla de la Corte, Antonio. Construcción Naval y servicios
- [24] Bonilla de la Corte, Antonio. Teoría del Buque

## Annexo

En este anexo se aportan tablas de datos utilizados para la realización del proyecto y planos de sistemas.

## A1. COEFICIENTE K1 Y K2

V ó Vc = Volumen en metros cúbicos

V ó Vc	K1 ó K2	V ó Vc	K1 ó K2	K2 V ó Vc	K1 ó K2	V ó Vc	K1 ó K2
10	0,2200	45.000	0,2931	330.000	0,3104	670.000	0,3165
20	0,2260	50.000	0,2940	340.000	0,3106	680.000	0,3166
30	0,2295	55.000	0,2948	350.000	0,3109	690.000	0,3168
40	0,2320	60.000	0,2956	360.000	0,3111	700.000	0,3169
50	0,2340	65.000	0,2963	370.000	0,3114	710.000	0,3170
60	0,2356	70.000	0,2969	380.000	0,3116	720.000	0,3171
70	0,2356	75.000	0,2975	390.000	0,3118	730.000	0,3173
80	0,2369	80.000	0,2981	400.000	0,3120	740.000	0,3174
90	0,2391	85.000	0,2986	410.000	0,3123	750.000	0,3175
100	0,2400	90.000	0,2991	420.000	0,3125	760.000	0,3176
200	0,2460	95.000	0,2996	430.000	0,3127	770.000	0,3177
300	0,2495	100.000	0,3000	440.000	0,3129	780.000	0,3178
400	0,2520	110.000	0,3008	450.000	0,3131	790.000	0,3180
500	0,2540	120.000	0,3023	460.000	0,3133	800.000	0,3181
600	0,2556	130.000	0,3029	470.000	0,3134	810.000	0,3182
700	0,2569	140.000	0,3035	480.000	0,3136	820.000	0,3183
800	0,2581	150.000	0,3041	490.000	0,3138	830.000	0,3184
900	0,2591	160.000	0,3046	500.000	0,3140	840.000	0,3185
1.000	0,2600	170.000	0,3051	510.000	0,3142	850.000	0,3186
2.000	0,2660	180.000	0,3056	520.000	0,3143	860.000	0,3187
3.000	0,2695	190.000	0,3060	530.000	0,3145	870.000	0,3188
4.000	0,2720	200.000	0,3064	540.000	0,3146	880.000	0,3189
5.000	0,2740	210.000	0,3068	550.000	0,3148	890.000	0,3190
6.000	0,2756	220.000	0,3072	560.000	0,3150	900.000	0,3191
7.000	0,2769	230.000	0,3076	570.000	0,3151	910.000	0,3192
8.000	0,2781	240.000	0,3080	580.000	0,3153	920.000	0,3193
9.000	0,2791	250.000	0,3083	590.000	0,3154	930.000	0,3194
10.000	0,2800	260.000	0,3086	600.000	0,3156	940.000	0,3195
15.000	0,2835	270.000	0,3089	610.000	0,3157	950.000	0,3196
20.000	0,2880	280.000	0,3092	620.000	0,3158	960.000	0,3196
25.000	0,2880	290.000	0,3095	630.000	0,3160	970.000	0,3197
30.000	0,2895	300.000	0,3095	640.000	0,3161	980.000	0,3198
35.000	0,2909	310.000	0,3098	650.000	0,3163	990.000	0,3199
40.000	0,2920	320.000	0,3101	660.000	0,3164	1.000.000	0,3200

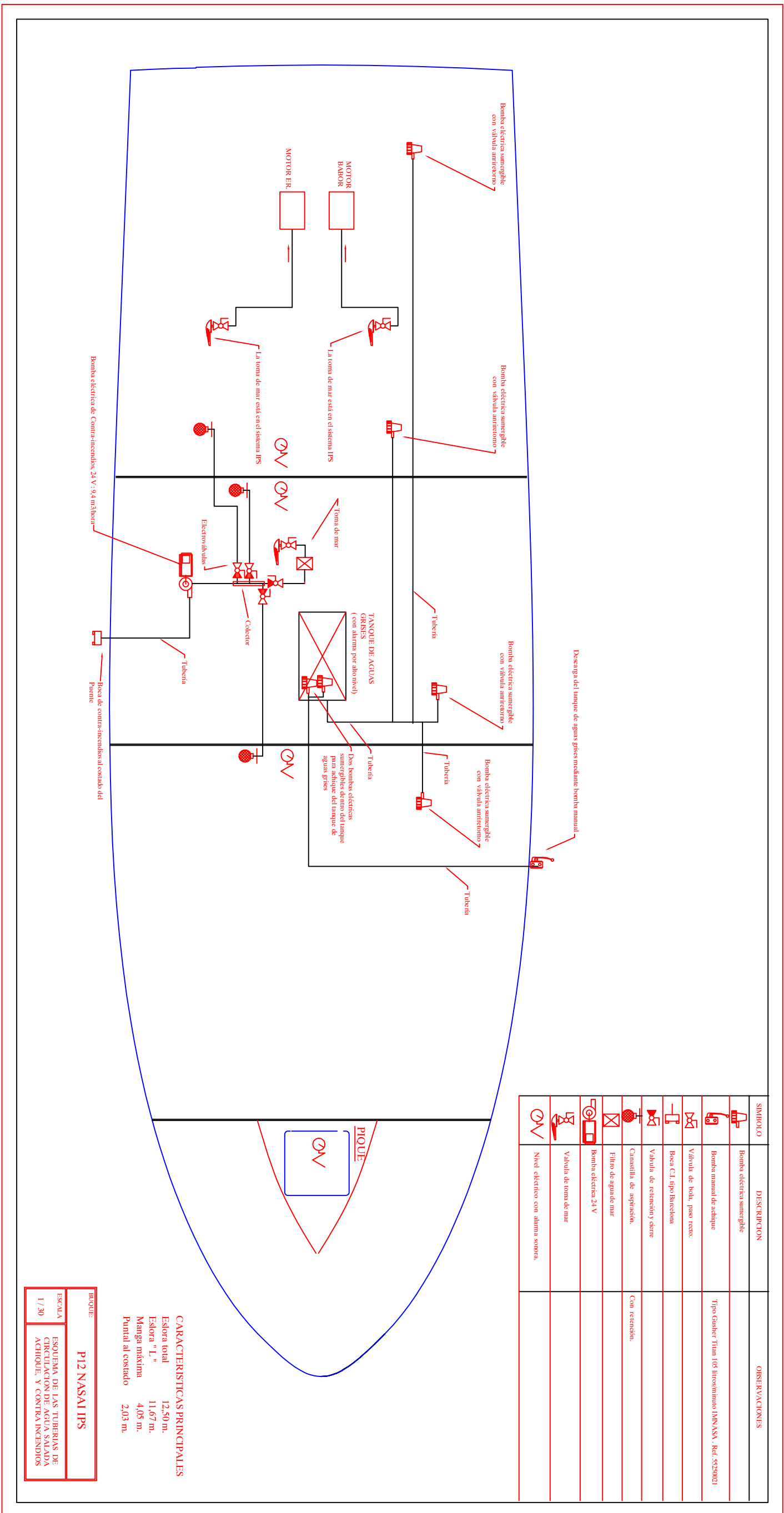
Para valores intermedios V ó Vc. Los coeficientes K1 y K2 se obtiene por interpolación lineal.

## A2. Flat panel coefficients

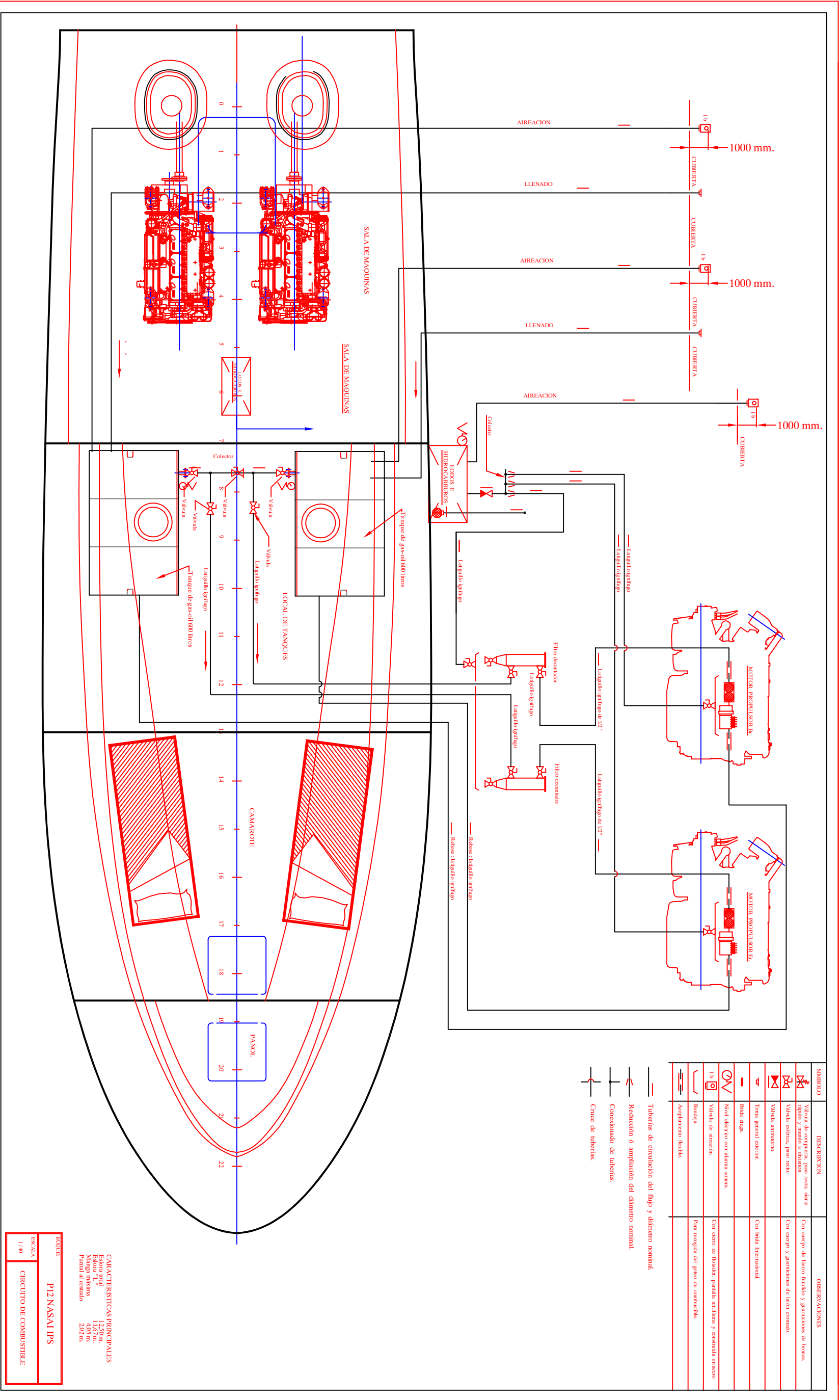
k	Aspect ratio
0,028	>2,0:1
0,028	2,0:1
0,027	1,9:1
0,027	1,8:1
0,026	1,7:1
0,025	1,6:1
0,024	1,5:1
0,023	1,4:1
0,021	1,3:1
0,019	1,2:1
0,016	1,1:1
0,014	1,0:1

### **A3. Plano del sistema de Achique y Contra Incendios**





## A4. Plano del sistema de Combustible



## A5. Tabla de Hidrostáticas

**Buque: NASAI125**  
**Tabla de Hidrostáticas**

Trimado: .000 M

CAL (M)	VOL (M3)	DES (TM)	XCC (M)	ZCC (M)	AFL (M2)	XCF (M)	SMO (M2)	KML (M)	KMT (M)	TPC	MCT	CB	CM	CF	CP
.500	5.699	5.846	4.063	.331	23.865	3.930	27.437	26.386	3.162	.245	.148	.272	.362	.726	.753
.510	5.939	6.092	4.057	.338	24.084	3.947	27.758	25.645	3.106	.247	.150	.279	.371	.731	.752
.520	6.182	6.342	4.054	.345	24.495	3.969	28.275	24.955	3.128	.251	.152	.285	.380	.742	.751
.530	6.428	6.594	4.051	.352	24.690	3.985	28.577	24.294	3.071	.253	.154	.291	.388	.746	.751
.540	6.677	6.849	4.049	.359	25.150	4.018	29.151	23.823	3.096	.258	.157	.297	.396	.758	.751
.550	6.929	7.108	4.048	.366	25.329	4.033	29.442	23.224	3.040	.260	.158	.304	.404	.762	.751
.560	7.183	7.369	4.048	.372	25.508	4.048	29.733	22.661	2.988	.262	.160	.309	.412	.766	.752
.570	7.440	7.631	4.048	.379	25.884	4.074	30.222	22.184	3.001	.266	.162	.315	.419	.775	.752
.580	7.699	7.898	4.049	.386	26.111	4.098	30.568	21.810	2.955	.268	.165	.321	.426	.780	.753
.590	7.961	8.166	4.051	.392	26.272	4.112	30.855	21.337	2.906	.270	.167	.327	.433	.783	.754
.600	8.225	8.437	4.053	.399	26.437	4.125	31.136	20.876	2.862	.271	.168	.332	.440	.786	.755
.610	8.490	8.709	4.056	.405	26.792	4.152	31.611	20.516	2.872	.275	.171	.337	.446	.795	.756
.620	8.759	8.985	4.059	.411	26.936	4.164	31.877	20.085	2.828	.276	.172	.343	.453	.798	.757
.630	9.029	9.262	4.062	.418	27.079	4.175	32.144	19.677	2.786	.278	.174	.348	.459	.800	.758
.640	9.301	9.541	4.066	.424	27.289	4.197	32.477	19.418	2.752	.280	.177	.353	.465	.804	.760
.650	9.575	9.822	4.070	.431	27.439	4.209	32.750	19.050	2.716	.281	.178	.358	.470	.807	.761
.660	9.851	10.105	4.074	.437	27.767	4.235	33.202	18.791	2.723	.285	.181	.363	.476	.815	.762
.670	10.129	10.391	4.079	.443	27.898	4.245	33.462	18.440	2.687	.286	.182	.368	.481	.817	.764
.680	10.409	10.678	4.084	.449	28.029	4.255	33.721	18.105	2.653	.288	.184	.372	.487	.819	.765
.690	10.691	10.966	4.089	.456	28.160	4.265	33.981	17.786	2.621	.289	.185	.377	.492	.821	.766
.700	10.973	11.256	4.094	.462	28.305	4.277	34.249	17.504	2.593	.290	.187	.381	.497	.823	.768
.710	11.258	11.549	4.099	.468	28.493	4.296	34.569	17.316	2.568	.292	.190	.386	.502	.827	.769
.720	11.545	11.843	4.104	.474	28.783	4.320	34.991	17.132	2.569	.295	.192	.390	.506	.834	.771
.730	11.834	12.140	4.110	.480	28.903	4.329	35.243	16.849	2.542	.296	.194	.394	.511	.835	.772
.740	12.125	12.438	4.116	.486	29.022	4.337	35.496	16.578	2.516	.298	.195	.399	.515	.837	.773
.750	12.416	12.737	4.121	.492	29.142	4.345	35.750	16.317	2.491	.299	.196	.403	.520	.838	.775
.760	12.709	13.037	4.127	.498	29.273	4.355	36.009	16.087	2.468	.300	.198	.407	.524	.840	.776
.770	13.003	13.339	4.133	.504	29.405	4.365	36.271	15.868	2.447	.302	.200	.411	.528	.842	.778
.780	13.300	13.643	4.139	.510	29.726	4.399	36.717	15.854	2.448	.305	.204	.415	.532	.850	.779
.790	13.599	13.950	4.145	.517	29.830	4.405	36.963	15.609	2.426	.306	.205	.418	.536	.851	.781
.800	13.899	14.257	4.151	.523	29.935	4.411	37.209	15.372	2.406	.307	.206	.422	.540	.852	.782
.810	14.200	14.566	4.157	.529	30.039	4.417	37.455	15.145	2.386	.308	.208	.426	.543	.853	.784
.820	14.502	14.876	4.163	.534	30.147	4.423	37.703	14.932	2.368	.309	.209	.429	.547	.854	.785
.830	14.806	15.188	4.169	.540	30.267	4.432	37.957	14.748	2.350	.310	.210	.433	.551	.856	.786
.840	15.110	15.500	4.175	.546	30.515	4.455	38.340	14.677	2.349	.313	.214	.436	.554	.861	.788
.850	15.418	15.816	4.181	.552	30.622	4.462	38.584	14.490	2.332	.314	.215	.440	.557	.862	.789
.860	15.726	16.132	4.187	.558	30.728	4.469	38.829	14.310	2.316	.315	.216	.443	.561	.863	.791
.870	16.036	16.450	4.194	.564	30.844	4.477	39.102	14.152	2.300	.316	.218	.446	.564	.865	.792
.880	16.347	16.769	4.200	.570	30.947	4.483	39.344	13.976	2.286	.317	.219	.450	.567	.866	.793
.890	16.659	17.089	4.206	.576	31.050	4.489	39.586	13.807	2.272	.319	.220	.453	.570	.867	.795
.900	16.972	17.410	4.212	.582	31.156	4.495	39.831	13.647	2.259	.320	.222	.456	.573	.868	.796
.910	17.296	17.742	4.221	.588	31.630	4.562	40.295	14.064	2.256	.324	.222	.437	.576	.837	.760
.920	17.617	18.071	4.229	.594	31.739	4.569	40.524	13.915	2.242	.326	.224	.440	.578	.838	.761
.930	17.934	18.397	4.235	.600	31.848	4.576	40.770	13.774	2.230	.327	.225	.443	.581	.839	.762
.940	18.253	18.724	4.241	.606	31.957	4.583	41.016	13.637	2.219	.328	.227	.446	.584	.841	.764
.950	18.573	19.052	4.247	.611	32.065	4.591	41.262	13.504	2.208	.329	.228	.449	.586	.842	.765
.960	18.894	19.382	4.252	.617	32.174	4.598	41.508	13.374	2.197	.330	.230	.451	.589	.843	.766
.970	19.216	19.712	4.258	.623	32.282	4.604	41.755	13.248	2.188	.331	.231	.454	.591	.844	.767
.980	19.540	20.044	4.264	.629	32.666	4.610	42.280	13.288	2.215	.335	.236	.443	.577	.828	.768
.990	19.868	20.381	4.270	.635	32.943	4.598	42.707	13.255	2.235	.338	.239	.445	.578	.831	.770
1.000	20.198	20.719	4.275	.641	33.107	4.600	43.023	13.142	2.235	.340	.240	.447	.581	.834	.770
1.010	20.530	21.059	4.280	.647	33.190	4.607	43.259	13.007	2.223	.340	.242	.450	.584	.835	.771
1.020	20.863	21.401	4.285	.652	33.331	4.612	43.555	12.877	2.221	.342	.243	.453	.587	.838	.772
1.030	21.196	21.743	4.291	.658	33.472	4.619	43.852	12.749	2.219	.343	.244	.456	.590	.841	.773
1.040	21.532	22.087	4.296	.664	33.552	4.625	44.088	12.625	2.207	.344	.245	.459	.593	.842	.774
1.050	21.868	22.432	4.301	.670	33.632	4.632	44.325	12.503	2.196	.345	.246	.462	.596	.843	.775
1.060	22.206	22.778	4.306	.676	33.840	4.649	44.699	12.458	2.197	.347	.249	.465	.599	.848	.776
1.070	22.545	23.126	4.312	.682	33.912	4.654	44.932	12.335	2.187	.348	.250	.468	.601	.849	.777
1.080	22.884	23.475	4.317	.688	33.984	4.660	45.164	12.215	2.176	.349	.251	.470	.604	.850	.778
1.090	23.225	23.824	4.322	.693	34.116	4.667	45.458	12.100	2.175	.350	.252	.473	.607	.852	.779
1.100	23.567	24.175	4.327	.699	34.188	4.672	45.690	11.985	2.165	.351	.253	.476	.609	.853	.780
1.110	23.910	24.527	4.332	.705	34.259	4.678	45.923	11.873	2.156	.351	.254	.478	.612	.854	.781
1.120	24.253	24.879	4.337	.711	34.331	4.683	46.156	11.764	2.148	.352	.255	.481	.614	.855	.782
1.130	24.598	25.233	4.342	.717	34.542	4.703	46.517	11.753	2.149	.354	.259	.483	.617	.860	.783
1.140	24.944	25.588	4.347	.722	34.607	4.707	46.747	11.641	2.141	.355	.259	.486	.619	.861	.784
1.150	25.291	25.944	4.352	.728	34.672	4.712	46.977	11.531	2.133	.356	.260	.488	.622	.861	.785
1.160	25.639	26.300	4.358	.734	34.737	4.716	47.207	11.423	2.125	.356	.261	.491	.624	.862	.786
1.170	25.987	26.658	4.363	.740	34.861	4.723	47.497	11.326	2.125	.358	.262	.493	.626	.865	.787
1.180	26.337	27.017	4.368	.746	34.927	4.727	47.728	11.224	2.118	.358	.263	.496	.629	.865	.788
1.190	26.688	27.376	4.372	.751	34.993	4.731	47.959	11.124	2.112	.359	.264	.498	.631	.866	.789
1.200	27.039	27.736	4.377	.757	35.058	4.736	48.190	11.027	2.105	.360	.264	.500	.633	.867	.790

**Buque: NASAI125**  
**Tabla de Valores KN (M) (Trimado Libre)**

Trimado Inicial: .000 m

DES (T)	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°
8.0	.247	.448	.626	.792	.945	1.090	1.232	1.375	1.525	1.637	1.694	1.714	1.704	1.672
8.5	.245	.447	.626	.791	.943	1.087	1.228	1.369	1.516	1.630	1.687	1.706	1.697	1.663
9.0	.242	.446	.625	.790	.941	1.085	1.225	1.364	1.507	1.623	1.678	1.698	1.688	1.655
9.5	.238	.444	.624	.789	.940	1.084	1.223	1.360	1.499	1.615	1.670	1.689	1.679	1.648
10.0	.234	.442	.623	.787	.939	1.082	1.221	1.357	1.491	1.605	1.661	1.679	1.671	1.640
10.5	.231	.440	.622	.786	.938	1.080	1.219	1.354	1.484	1.594	1.651	1.670	1.662	1.631
11.0	.228	.438	.621	.785	.936	1.079	1.217	1.352	1.477	1.582	1.642	1.661	1.653	1.623
11.5	.224	.436	.619	.783	.935	1.078	1.216	1.350	1.471	1.570	1.632	1.651	1.644	1.615
12.0	.221	.433	.617	.782	.934	1.077	1.215	1.348	1.464	1.559	1.622	1.642	1.635	1.607
12.5	.218	.431	.615	.780	.933	1.077	1.214	1.345	1.458	1.548	1.611	1.632	1.626	1.598
13.0	.216	.428	.613	.779	.932	1.076	1.213	1.343	1.452	1.538	1.599	1.623	1.617	1.590
13.5	.213	.424	.611	.777	.931	1.075	1.212	1.340	1.446	1.527	1.587	1.613	1.608	1.582
14.0	.211	.421	.609	.776	.930	1.074	1.212	1.337	1.440	1.518	1.575	1.603	1.599	1.574
14.5	.208	.417	.607	.774	.929	1.074	1.211	1.334	1.434	1.510	1.564	1.593	1.590	1.566
15.0	.206	.414	.605	.773	.928	1.073	1.211	1.331	1.428	1.501	1.553	1.582	1.581	1.557
15.5	.205	.411	.603	.771	.927	1.073	1.210	1.328	1.421	1.493	1.543	1.571	1.572	1.550
16.0	.203	.408	.600	.770	.926	1.072	1.209	1.324	1.415	1.484	1.533	1.560	1.563	1.542
16.5	.202	.405	.598	.768	.925	1.072	1.207	1.321	1.409	1.476	1.523	1.549	1.553	1.534
17.0	.200	.402	.596	.767	.924	1.071	1.206	1.317	1.404	1.469	1.514	1.539	1.544	1.526
17.5	.199	.399	.593	.765	.923	1.071	1.204	1.313	1.398	1.461	1.504	1.529	1.535	1.518
18.0	.198	.397	.590	.764	.923	1.070	1.202	1.309	1.392	1.454	1.496	1.520	1.525	1.510
18.5	.197	.394	.587	.762	.922	1.070	1.200	1.305	1.386	1.446	1.487	1.510	1.516	1.502
19.0	.196	.392	.585	.761	.921	1.069	1.198	1.301	1.380	1.439	1.479	1.502	1.507	1.494
19.5	.195	.390	.582	.759	.920	1.068	1.195	1.297	1.374	1.431	1.471	1.493	1.498	1.485
20.0	.194	.387	.579	.758	.919	1.067	1.192	1.292	1.368	1.425	1.462	1.485	1.489	1.477